



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0102612
(43) 공개일자 2018년09월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/06 (2017.01) H04B 7/0413 (2017.01)
H04B 7/08 (2017.01)
(52) CPC특허분류
H04B 7/0695 (2013.01)
H04B 7/0413 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-7022809
(22) 출원일자(국제) 2017년01월06일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2018년08월08일
(86) 국제출원번호 PCT/US2017/012428
(87) 국제공개번호 WO 2017/120403
국제공개일자 2017년07월13일
(30) 우선권주장
62/276,311 2016년01월08일 미국(US)

(71) 출원인
블루 다뉴브 시스템스, 인크.
미국 뉴저지 07059 워런 2층 워런 코포레이트 센
터 드라이브 200
(72) 발명자
나르도자, 그레그 에스.
미국 뉴저지 07940 매디슨 선파이크 로드 62
(74) 대리인
인비전 특허법인

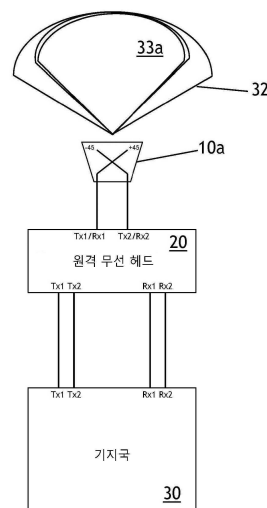
전체 청구항 수 : 총 41 항

(54) 발명의 명칭 안테나 맵핑 및 다이버시티

(57) 요약

복수의 개별 송신 신호 스트림들을 포함하는 소스 신호 스트림에 의해 운반되는 정보를 무선으로 송신하기 위한 안테나 어레이를 포함하는 방법으로서, 상기 방법은: 상기 복수의 송신 신호 스트림들을 복수의 개별 빔 신호 스트림들에 맵핑하는 단계 - 상기 복수의 빔 신호 스트림들 중 적어도 하나의 빔 신호 스트림들은 상기 복수의 송신 신호 스트림들의 다중 송신 신호 스트림들의 조합임 - ; 복수의 송신 빔들을 생성하기 위해 상기 안테나 어레이를 사용하는 단계; 및 상기 복수의 송신 빔들 중 상이한 송신 빔을 통해 상기 복수의 빔 신호 스트림들의 각각의 빔 신호 스트림을 송신하는 단계를 포함하는, 안테나 어레이를 포함하는 방법.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H04B 7/0617 (2013.01)

H04B 7/086 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

복수의 개별 송신 신호 스트림들을 포함하는 소스 신호 스트림에 의해 운반되는 정보를 무선으로 송신하기 위한 안테나 어레이를 포함하는 방법으로서, 상기 방법은:

상기 복수의 송신 신호 스트림들을 복수의 개별 빔 신호 스트림들에 맵핑하는 단계 - 상기 복수의 빔 신호 스트림들 중 적어도 하나의 빔 신호 스트림들은 상기 복수의 송신 신호 스트림들의 다중 송신 신호 스트림들의 조합임 - ;

복수의 송신 빔들을 생성하기 위해 상기 안테나 어레이를 사용하는 단계; 및

상기 복수의 송신 빔들 중 상이한 송신 빔을 통해 상기 복수의 빔 신호 스트림들의 각각의 빔 신호 스트림을 송신하는 단계를 포함하는, 안테나 어레이를 포함하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 조합은 선형 조합인, 안테나 어레이를 포함하는 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 복수의 송신 신호 스트림들을 상기 복수의 개별 빔 신호 스트림들로 맵핑하기 전에, 상기 소스 신호 스트림으로부터 상기 복수의 송신 신호 스트림들을 추출하는 단계를 더 포함하는, 안테나 어레이를 포함하는 방법.

청구항 4

제 2 항에 있어서, 상기 복수의 빔 신호 스트림들의 각 빔 신호 스트림은 상기 복수의 송신 신호 스트림들의 다중 송신 신호 스트림들의 대응하는 선형 조합인, 안테나 어레이를 포함하는 방법.

청구항 5

제 2 항에 있어서, 상기 복수의 송신 빔들은 독립적으로 조종가능한 송신 빔들인, 안테나 어레이를 포함하는 방법.

청구항 6

제 2 항에 있어서, 상기 소스 신호 스트림은 디지털 형태이고, 상기 소스 신호 스트림을 디멀티플렉싱(demultiplexing)하여 상기 복수의 송신 신호 스트림들을 생성하는 단계를 더 포함하고, 상기 복수의 송신 스트림들도 또한 디지털 형태인, 안테나 어레이를 포함하는 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서, 상기 맵핑은 디지털 도메인(digital domain)에서 수행되는, 안테나 어레이를 포함하는 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서, 상기 복수의 송신 빔들을 통해 상기 복수의 빔 신호 스트림들을 송신하기 전에 상기 복수의 빔 신호 스트림들을 IF로 변환하는 단계를 더 포함하는, 안테나 어레이를 포함하는 방법.

청구항 9

제 2 항에 있어서, 상기 맵핑하는 단계는 상기 복수의 빔 신호 스트림들을 생성하기 위해 상기 복수의 송신 신호 스트림들에 행렬 곱셈 연산을 수행하는 단계를 포함하는, 안테나 어레이를 포함하는 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서, 상기 행렬 곱셈 연산은:

$$\begin{bmatrix} TB1 \\ TB2 \\ TB3 \\ \vdots \\ M \\ \vdots \\ TBm \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M11 & M12 & M13 & \Lambda & M1n \\ M21 & M22 & M23 & \Lambda & M2n \\ M31 & M32 & M33 & \Lambda & M3n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ M & M & M & M & M \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Mm1 & Mm2 & Mm3 & \Lambda & Mmn \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Tx1 \\ Tx2 \\ Tx3 \\ \vdots \\ M \\ \vdots \\ Txn \end{bmatrix} \text{이고,}$$

여기서, 상기 $Txi(i=1\cdots n)$ 이고, n 은 정수임)는 상기 복수의 송신 신호 스트림들이고, $TBj(j=1\cdots m)$ 이고, m 은 정수임)는 상기 복수의 빔 신호 스트림들이고, 상기 $Mji(i=1\cdots n)$ 이고, $j=1\cdots m$ 임)는 가중치인, 안테나 어레이를 포함하는 방법.

청구항 11

제 2 항에 있어서, 상기 소스 신호 스트림은 RF 신호인, 안테나 어레이를 포함하는 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서, 상기 복수의 송신 신호 스트림들을 상기 복수의 빔 신호 스트림들로 맵핑하기 전에 상기 복수의 송신 신호 스트림들을 IF로 하향 변환하는 단계를 더 포함하는, 안테나 어레이를 포함하는 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서, 상기 복수의 개별 빔 신호 스트림들에 상기 복수의 송신 신호 스트림들을 맵핑하는 단계는 아날로그 도메인(analog domain)에서 수행되는 것 인, 안테나 어레이를 포함하는 방법.

청구항 14

복수의 개별 송신 신호 스트림들을 포함하는 소스 신호 스트림에 의해 운반되는 정보를 무선으로 송신하기 위한 안테나 시스템으로서, 상기 시스템은:

다중 안테나 엘리먼트들 및 복수의 입력들을 갖는 안테나 어레이 시스템;

상기 안테나 어레이 시스템을 제어하고 상기 안테나 어레이 시스템으로 하여금 복수의 송신 빔들을 생성하도록 구성되는 제어기 - 상기 복수의 송신 빔들의 각각의 송신 빔은 상기 안테나 어레이 시스템의 복수의 입력들의 상이한 입력에 대응함 - ; 및

각각의 출력이 안테나 어레이 시스템의 대응하는 상이한 입력에 전기적으로 결합되는 복수의 출력을 갖는 신호 맵핑 모듈 - 상기 신호 맵핑 모듈은 상기 복수의 송신 신호 스트림들을 복수의 개별 빔 신호 스트림들에 맵핑하도록 구성되고, 복수의 개별 빔 신호 스트림들의 각각이 상기 신호 맵핑 모듈의 복수의 출력들의 대응하는 상이한 출력 상에 제공되고, 상기 복수의 빔 신호 스트림들 중 적어도 하나의 빔 신호 스트림들은 상기 복수의 송신 신호 스트림들의 다중 송신 신호 스트림들의 조합인 - 를 포함하는, 안테나 시스템.

청구항 15

제 14 항에 있어서, 상기 조합은 선형 조합인, 안테나 시스템.

청구항 16

제 15 항에 있어서, 상기 신호 맵핑 모듈과 전기적으로 결합되는 디멀티플렉서 모듈(de-multiplexer module)을 더 포함하고, 상기 디멀티플렉서 모듈은 상기 소스 신호 스트림으로부터 상기 복수의 송신 신호 스트림들을 추출하고 상기 신호 맵핑 모듈에 상기 복수의 송신 신호들을 제공하는, 안테나 시스템.

청구항 17

제 15 항에 있어서, 상기 복수의 빔 신호 스트림들의 각 빔 신호 스트림은 상기 복수의 송신 신호 스트림들의 다중 송신 신호 스트림들의 대응하는 선형 조합인, 안테나 시스템.

청구항 18

제 15 항에 있어서, 상기 복수의 송신 빔들은 독립적으로 조종가능한 송신 빔들인, 안테나 어레이를 포함하는, 안테나 시스템.

청구항 19

제 15 항에 있어서, 상기 소스 신호 스트림은 디지털 형태이고, 상기 소스 신호 스트림을 디멀티플렉싱(de-multiplexing)하여 상기 복수의 송신 신호 스트림들을 생성하는 디멀티플렉서(de-multiplexer)를 더 포함하고, 상기 복수의 송신 스트림들은 디지털 형태인, 안테나 시스템.

청구항 20

제 15 항에 있어서, 상기 신호 맵핑 모듈은 디지털 도메인(digital domain)에서 상기 맵핑을 수행하는, 안테나 어레이를 포함하는, 안테나 시스템.

청구항 21

제 20 항에 있어서, 상기 안테나 어레이는 상기 복수의 송신 빔들을 통해 상기 복수의 빔 신호 스트림들을 송신하기 전에 상기 복수의 빔 신호 스트림들을 IF로 변환하기 위한 디지털-IF 변환기(digital-to-IF converter)를 포함하는, 안테나 시스템.

청구항 22

제 15 항에 있어서, 상기 신호 맵핑 모듈은 상기 복수의 빔 신호 스트림들을 생성하기 위해 상기 복수의 송신 신호 스트림들에 행렬 곱셈 연산을 수행하도록 구성되는, 안테나 시스템.

청구항 23

제 22 항에 있어서, 상기 행렬 곱셈 연산은:

$$\begin{bmatrix} TB1 \\ TB2 \\ TB3 \\ \vdots \\ M \\ TBm \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M11 & M12 & M13 & \Lambda & M1n \\ M21 & M22 & M23 & \Lambda & M2n \\ M31 & M32 & M33 & \Lambda & M3n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ M & M & M & M & M \\ Mm1 & Mm2 & Mm3 & \Lambda & Mmn \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Tx1 \\ Tx2 \\ Tx3 \\ \vdots \\ M \\ Txn \end{bmatrix} \text{이고,}$$

여기서, 상기 $TBi(i=1 \cdots m \text{이고, } m \text{은 정수임})$ 는 상기 복수의 송신 신호 스트림들이고, $Txj(j=1 \cdots n \text{이고, } n \text{은 정수임})$ 는 상기 복수의 빔 신호 스트림들이고, 상기 $Mij(i=1 \cdots m \text{이고, } j=1 \cdots n \text{임})$ 는 가중치인, 안테나 시스템.

청구항 24

제 15 항에 있어서, 상기 소스 신호 스트림은 RF 신호인, 안테나 시스템.

청구항 25

제 15 항에 있어서, 상기 신호 맵핑 모듈이 상기 복수의 개별 빔 신호 스트림들에 상기 복수의 송신 신호 스트림들을 맵핑하기 전에 상기 복수의 송신 신호 스트림들을 IF로 하향 변환하는 하향 변환기를 더 포함하는, 안테나 시스템.

청구항 26

제 25 항에 있어서, 상기 신호 맵핑 모듈은 아날로그 도메인(analog domain)에서 맵핑을 수행하는, 안테나 시스템.

청구항 27

안테나 어레이를 포함하는 방법으로서, 상기 방법은:

복수의 수신 빔들을 생성하기 위해 상기 안테나 어레이를 사용하는 단계;

상기 복수의 수신 빔들을 통해 복수의 빔 신호 스트림들을 수신하는 단계 - 상기 복수의 빔 신호 스트림들의 각각의 빔 신호 스트림은 상기 복수의 수신 빔들의 상이한 대응하는 수신 빔을 통해 수신됨 - ; 및

상기 복수의 빔 신호 스트림들을 복수의 개별 수신된 신호 스트림들에 맵핑하는 단계 - 상기 복수의 수신된 신호 스트림들 중 적어도 하나의 수신된 신호 스트림들은 상기 복수의 빔 신호 스트림들의 다중 빔 신호 스트림들의 조합임 - 를 포함하는, 안테나 어레이를 포함하는 방법.

청구항 28

제 27 항에 있어서, 상기 조합은 선형 조합인, 안테나 어레이를 포함하는 방법.

청구항 29

제 28 항에 있어서, 상기 복수의 수신된 신호 스트림들을 복합 신호 스트림(composite signal stream)으로 멀티플렉싱하는 단계를 더 포함하는, 안테나 어레이를 포함하는 방법.

청구항 30

제 28 항에 있어서, 상기 복수의 수신된 신호 스트림들의 각 수신된 신호 스트림은 상기 복수의 빔 신호 스트림들의 다중 빔 신호 스트림들의 대응하는 선형 조합인, 안테나 어레이를 포함하는 방법.

청구항 31

제 28 항에 있어서, 상기 복수의 수신 빔들은 독립적으로 조종가능한 수신 빔들인, 안테나 어레이를 포함하는 방법.

청구항 32

제 28 항에 있어서, 상기 빔 신호 스트림은 IF 신호들이고, 상기 복수의 빔 신호 스트림들을 상기 복수의 개별 수신된 신호 스트림들로 맵핑하기 전에 IF로부터 디지털로 상기 복수의 빔 신호 스트림들을 변환하는 단계를 더 포함하는, 안테나 어레이를 포함하는 방법.

청구항 33

제 32 항에 있어서, 상기 맵핑은 디지털 도메인(digital domain)에서 수행되는, 안테나 어레이를 포함하는 방법.

청구항 34

제 28 항에 있어서, 상기 맵핑하는 단계는 상기 복수의 수신된 신호 스트림들을 생성하기 위해 상기 복수의 빔 신호 스트림들에 행렬 곱셈 연산을 수행하는 단계를 포함하는, 안테나 어레이를 포함하는 방법.

청구항 35

제 34 항에 있어서, 상기 행렬 곱셈 연산은:

$$\begin{bmatrix} Rx1 \\ Rx2 \\ Rx3 \\ \vdots \\ M \\ Rxn \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L11 & L12 & L13 & \Lambda & L1m \\ L21 & L22 & L23 & \Lambda & L2m \\ L31 & L32 & L33 & \Lambda & L3m \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ M & M & M & M & M \\ Ln1 & Ln2 & Ln3 & \Lambda & Lnm \end{bmatrix} \begin{bmatrix} RB1 \\ RB2 \\ RB3 \\ \vdots \\ M \\ RBm \end{bmatrix} \text{이고,}$$

여기서, 상기 Rxi ($i=1 \cdots n$ 이고, n 은 정수임)는 상기 복수의 수신된 신호 스트림들이고, RBj ($j=1 \cdots m$ 이고, m 은 정수임)는 상기 복수의 빔 신호 스트림들이고, 상기 Lji ($i=1 \cdots n$ 이고, $j=1 \cdots m$ 임)는 가중치인, 안테나 어레이를 포

합하는 방법.

청구항 36

안테나 시스템으로서,

다중 안테나 엘리먼트들을 갖는 안테나 어레이 시스템;

안테나 어레이 시스템을 제어하고 안테나 어레이 시스템으로 하여금 복수의 빔 신호 스트림들을 수신하기 위한 복수의 수신 빔들을 생성하도록 구성되는 제어기 - 상기 복수의 수신 빔들의 각각은 상기 복수의 빔 신호 스트림들의 대응하는 빔 신호 스트림을 생성하기 위한 것임 - ; 및

상기 안테나 어레이 시스템에 전기적으로 결합되고 복수의 출력들을 갖는 신호 맵핑 모듈 - 상기 신호 맵핑 모듈은 상기 복수의 수신 신호 스트림들을 복수의 개별 수신된 신호 스트림들에 맵핑하도록 구성되고, 복수의 개별 수신된 신호 스트림들의 각각이 상기 신호 맵핑 모듈의 복수의 출력들의 대응하는 상이한 출력 상에 제공되고, 상기 복수의 수신된 신호 스트림들 중 적어도 하나의 수신된 신호 스트림들은 상기 복수의 빔 신호 스트림들의 다중 빔 신호 스트림들의 조합임 - 를 포함하는, 안테나 시스템.

청구항 37

제 36 항에 있어서, 상기 조합은 선형 조합인, 안테나 시스템.

청구항 38

제 37 항에 있어서, 상기 신호 맵핑 모듈과 전기적으로 결합되는 멀티플렉서 모듈(multiplexer module)을 더 포함하고, 상기 멀티플렉서 모듈은 상기 복수의 수신된 신호 스트림들을 복합 신호 스트림으로 멀티플렉싱하기 위한 것인, 안테나 시스템.

청구항 39

제 37 항에 있어서, 상기 복수의 수신된 신호 스트림들의 각 수신된 신호 스트림은 상기 복수의 빔 신호 스트림들의 다중 빔 신호 스트림들의 대응하는 선형 조합인, 안테나 시스템.

청구항 40

제 37 항에 있어서, 상기 신호 맵핑 모듈은 상기 복수의 수신된 신호 스트림들을 생성하기 위해 상기 복수의 빔 신호 스트림들에 행렬 곱셈 연산을 수행함으로써, 상기 복수의 개별적인 수신된 신호 스트림들에 상기 복수의 빔 신호 스트림들을 맵핑하도록 구성되는, 안테나 시스템.

청구항 41

제 37 항에 있어서, 상기 행렬 곱셈 연산은,

$$\begin{bmatrix} Rx1 \\ Rx2 \\ Rx3 \\ \vdots \\ Rxn \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L11 & L12 & L13 & \Lambda & L1m \\ L21 & L22 & L23 & \Lambda & L2m \\ L31 & L32 & L33 & \Lambda & L3m \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Ln1 & Ln2 & Ln3 & \Lambda & Lnm \end{bmatrix} \begin{bmatrix} RB1 \\ RB2 \\ RB3 \\ \vdots \\ RBm \end{bmatrix} \text{이고,}$$

여기서, 상기 $Rxi(i=1 \cdots n \text{이고, } n \text{은 정수임})$ 는 상기 복수의 수신된 신호 스트림들이고, $RBj(j=1 \cdots m \text{이고, } m \text{은 정수임})$ 는 상기 복수의 빔 신호 스트림들이고, 상기 $Lij(i=1 \cdots n \text{이고, } j=1 \cdots m \text{임})$ 는 가중치인, 안테나 시스템.

발명의 설명

기술 분야

관련 출원에 대한 상호 참조

[0001]

[0002] 본 출원은 "Antenna Mapping and Diversity"라는 명칭으로, 2016 년 1 월 8 일자로 출원된, 임시출원 번호 제 62/276,311호의 35 U.S.C.119(e)에 따른 우선권을 주장하며, 그 전체 내용은 본 명세서에 참고로 포함된다.

[0003] 본 개시는 일반적으로 셀룰러 또는 무선 로컬 영역 네트워크에 사용되는 것과 같은 무선 통신 시스템들에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 다중 빔 위상 배열 시스템들(multi-beam phased array systems)에 관한 것이다.

배경 기술

[0004] 종래의 MIMO(Multiple-Input Multiple-Output) LTE 시스템에서, 각각의 송신 신호 스트림은 섹터 내에서 모든 빔 패턴들이 서로 중첩되는 별도의 기지국 안테나로 직접 라우팅되거나 맵핑된다. 세 가지 예들이 도 1-3에 도시되어 있다.

[0005] 도 1은 기지국(30), 원격 무선 헤드(20, remote radio head) 및 2개의 엘리먼트(element), $\pm 45^\circ$ 교차-편파 안테나(10a, cross-polarized antennas)를 포함하는 종래의 2T2R MIMO LTE 기지국 시스템 기능 배치(base station system functional arrangement)를 도시한다. 이 2T2R 시스템에서, 안테나(10a)는 송신 및 수신 기능들 모두에 대해 레인지 또는 섹터(32) 내에 2 개의 고정된, 광각 중첩 빔들(33a, wide-angle overlapping beams)을 생성한다. 기지국(30)은 2 개의 송신 신호 스트림들(Tx1 및 Tx2)을 원격 헤드에 전송하고, 원격 헤드는, 일부 처리 후, 중첩하는 넓은 빔들 중 대응하는 하나를 통해 송신하기 위해 교차 편파 안테나(10a) 내의 상이한 대응하는 안테나 엘리먼트로 이들 2 개의 송신 각각을 라우팅한다. 수신기 측에서, 원격 무선 헤드(20)는 2 개의 안테나 엘리먼트들에 의해 수신된 2 개의 신호 스트림들(Rx1 및 Rx2) 각각을 수신하여 처리하고, 이들 2 개의 수신된 신호 스트림들을 기지국(30)에 제공한다.

[0006] 도 2는 기지국(30), 원격 무선 헤드(20), 및 2 개의 $\pm 45^\circ$ 교차 편파 안테나들을 포함하는 안테나 시스템(10b)을 포함하는 종래의 2T4R MIMO LTE 기지국 시스템 기능 배치를 도시한다. 이 2T4R 시스템에서, 안테나 시스템(10b)은 송신 기능에 대해 2 개의 고정된, 광각 중첩 빔들 및 수신 기능에 대해 4 개의 광각 중첩 빔들을 생성한다. 기지국(30)은 2 개의 송신 신호 스트림들(Tx1 및 Tx2)을 원격 헤드(20)에 전송하고, 원격 헤드는 각각의 송신 신호 스트림들을 교차 편파 안테나들(10b)의 하나에서 2 개의 안테나 엘리먼트들 중 대응하는 상이한 안테나 엘리먼트로 전달한다. 수신기 측에서, 원격 무선 헤드(20)는 2 개의 교차 편파 안테나 엘리먼트들에 의해 수신된 4 개의 신호 스트림(Rx1, Rx2, Rx3 및 Rx4) 각각을 수신하여 처리하고, 이들 수신된 신호들을 기지국(30)으로 송신한다.

[0007] 도 3은 기지국(30), 원격 무선 헤드(20) 및 2 개의 $\pm 45^\circ$ 교차 편파 안테나를 포함하는 안테나 시스템(10b)을 포함하는 종래의 4T4R MIMO LTE 기지국 시스템 기능 배치를 도시한다. 이 4T4R 시스템에서, 안테나 시스템(10b)은 송신 기능 및 수신 기능 모두에 대해 4 개의 고정된, 광각 중첩 빔들을 생성한다. 기지국(30)은 4 개의 송신 신호 스트림들(Tx1, Tx2, Tx3 및 Tx4)을 원격 헤드(20)에 전송하고, 원격 헤드는 각각의 송신 신호를 4 개의 안테나 엘리먼트들 중 대응하는 상이한 안테나 엘리먼트들로 전송한다. 수신기 측에서, 원격 무선 헤드(20)는 4 개의 안테나 엘리먼트들(10b)에 의해 수신된 4 개의 신호 스트림들(Rx1, Rx2, Rx3 및 Rx4) 각각을 수신하여 처리하고, 이들 4 개의 신호들을 기지국(30)에 송신한다.

발명의 내용

[0008] 일반적으로 하나의 양상에서, 본 발명은 복수의 개별 송신 신호 스트림들을 포함하는 소스 신호 스트림에 의해 운반되는 정보를 무선으로 송신하기 위한 안테나 어레이를 포함하는 방법을 특징으로 한다. 상기 방법은: 상기 복수의 송신 신호 스트림들을 복수의 개별 빔 신호 스트림들에 맵핑하는 단계 - 상기 복수의 빔 신호 스트림들 중 적어도 하나의 빔 신호 스트림들은 상기 복수의 송신 신호 스트림들의 다중 송신 신호 스트림들의 조합임 - ; 복수의 송신 빔들을 생성하기 위해 상기 안테나 어레이를 사용하는 단계; 및 상기 복수의 송신 빔들 중 상이한 송신 빔을 통해 상기 복수의 빔 신호 스트림들의 각각의 빔 신호 스트림을 송신하는 단계를 포함한다.

[0009] 다른 실시 예들은 다음 특징들 중 적어도 하나를 포함한다. 상기 방법은 또한 상기 복수의 송신 신호 스트림들을 상기 복수의 개별 빔 신호 스트림들로 맵핑하기 전에, 상기 소스 신호 스트림으로부터 상기 복수의 송신 신호 스트림들을 추출하는 단계를 포함한다. 상기 복수의 송신 빔들은 독립적으로 조종 가능한 송신 빔들이다. 상기 조합은 선형 조합이다. 상기 복수의 빔 신호 스트림들의 각 빔 신호 스트림은 상기 복수의 송신 신호 스트림들의 다중 송신 신호 스트림들의 대응하는 선형 조합이다. 상기 방법은 또한 상기 복수의 송신 빔들을 통해 상기 복수의 빔 신호 스트림들을 송신하기 전에 상기 복수의 빔 신호 스트림들을 IF로 변환하는 단계를 포함한다. 상기 소스 신호 스트림은 디지털 형태이고, 상기 방법은 또한 상기 소스 신호 스트림을 디멀티플렉싱(de-

multiplexing)하여 상기 복수의 송신 신호 스트림들을 생성하는 단계를 포함한다. 상기 맵핑은 디지털 도메인(digital domain)에서 수행된다. 상기 맵핑하는 단계는 상기 복수의 빔 신호 스트림들을 생성하기 위해 상기 복수의 송신 신호 스트림들에 행렬 곱셈 연산을 수행하는 단계를 포함한다. 대안적으로, 상기 소스 신호 스트림은 RF 신호이고 상기 방법은 또한 상기 복수의 송신 신호 스트림들을 상기 복수의 빔 신호 스트림들로 맵핑하기 전에 상기 복수의 송신 신호 스트림들을 IF로 하향 변환하는 단계를 포함한다. 이 경우에, 상기 복수의 개별 빔 신호 스트림들에 상기 복수의 송신 신호 스트림들을 맵핑하는 단계는 아날로그 도메인(analog domain)에서 수행된다.

[0010] 일반적으로, 다른 양상에서, 본 발명은 복수의 개별 송신 신호 스트림들로 구성된 소스 신호 스트림에 의해 운반되는 정보를 무선으로 송신하기 위한 안테나 시스템을 특징으로 한다. 상기 시스템은 다중 안테나 엘리먼트들 및 복수의 입력들을 갖는 안테나 어레이 시스템; 안테나 어레이 시스템을 제어하고 안테나 어레이 시스템으로 하여금 복수의 송신 빔들을 생성하도록 구성되는 제어기 - 상기 복수의 송신 빔들의 각각은 송신 빔은 상기 안테나 어레이 시스템의 복수의 입력들의 상이한 입력에 대응함 - ; 및 각각의 출력이 안테나 어레이 시스템의 대응하는 상이한 입력에 전기적으로 결합되는 복수의 출력들을 갖는 신호 맵핑 모듈 - 상기 신호 맵핑 모듈은 상기 복수의 송신 신호 스트림들을 복수의 개별 빔 신호 스트림들에 맵핑하도록 구성되고, 복수의 개별 빔 신호 스트림들의 각각이 상기 신호 맵핑 모듈의 복수의 출력들의 대응하는 상이한 출력 상에 제공되고, 상기 복수의 빔 신호 스트림들 중 적어도 하나의 빔 신호 스트림들은 상기 복수의 송신 신호 스트림들의 다중 송신 신호 스트림들의 조합임 - 를 포함한다.

[0011] 다른 실시 예는 다음 특징들 중 하나 이상을 포함한다. 상기 안테나 시스템은 또한 상기 소스 신호 스트림으로부터 상기 복수의 송신 신호 스트림들을 추출하고 상기 신호 맵핑 모듈에 상기 복수의 송신 신호들을 제공하기 위해, 상기 신호 맵핑 모듈과 전기적으로 결합되는 디멀티플렉서 모듈(de-multiplexer module)을 포함한다. 상기 복수의 송신 빔들은 독립적으로 조종가능한 송신 빔들이다. 상기 소스 신호 스트림은 디지털 형태이고, 상기 시스템은 또한 상기 소스 신호 스트림을 디멀티플렉싱(de-multiplexing)하여 복수의 디지털 송신 신호 스트림들을 생성하는 디멀티플렉서(de-multiplexer)를 포함한다. 이 경우에, 상기 신호 맵핑 모듈은 디지털 도메인(digital domain)에서 상기 맵핑을 수행한다. 상기 안테나 어레이는 또한 상기 복수의 송신 빔들을 통해 상기 복수의 빔 신호 스트림들을 송신하기 전에 상기 복수의 빔 신호 스트림들을 IF로 변환하기 위한 디지털-IF 변환기(digital-to-IF converter)를 포함한다. 상기 소스 신호 스트림은 RF 신호이다. 상기 안테나 시스템은 또한 상기 신호 맵핑 모듈이 상기 복수의 개별 빔 신호 스트림들에 상기 복수의 송신 신호 스트림들을 맵핑하기 전에 상기 복수의 송신 신호 스트림들을 IF로 하향 변환하는 하향 변환기를 포함한다. 상기 신호 맵핑 모듈은 아날로그 도메인(analog domain)에서 맵핑을 수행한다. 상기 조합은 선형 조합이다. 복수의 빔 신호 스트림들의 각각의 빔 신호 스트림은 복수의 송신 신호 스트림들의 다중 송신 신호 스트림들의 대응하는 선형 조합이다. 신호 맵핑 모듈은 복수의 빔 신호 스트림들을 생성하기 위해 복수의 송신 신호 스트림들에 행렬 곱셈 연산을 수행하도록 구성된다.

[0012] 일반적으로, 또 다른 양상에서, 본 발명은 안테나 어레이를 포함하는 방법을 특징으로 한다. 이 방법은, 복수의 수신 빔들을 생성하기 위해 상기 안테나 어레이를 사용하는 단계; 상기 복수의 수신 빔들을 통해 상기 복수의 빔 신호 스트림들을 수신하는 단계 - 상기 복수의 빔 신호 스트림들의 각각의 빔 신호 스트림은 상기 복수의 수신 빔들의 상이한 대응하는 수신 빔을 통해 수신됨 - ; 및 상기 복수의 빔 신호 스트림들을 복수의 개별 수신된 신호 스트림들에 맵핑하는 단계 - 상기 복수의 수신된 신호 스트림들 중 적어도 하나의 수신된 신호 스트림들은 상기 복수의 빔 신호 스트림들의 다중 빔 신호 스트림들의 조합임 - 를 포함한다.

[0013] 다른 실시 예들은 다음 특징들 중 하나 이상을 포함한다. 조합은 선형 조합이다. 상기 복수의 수신된 신호 스트림들의 각 수신된 신호 스트림은 상기 복수의 빔 신호 스트림들의 다중 빔 신호 스트림들의 대응하는 선형 조합이다. 상기 맵핑하는 단계는 복수의 수신된 신호 스트림을 생성하기 위해 복수의 빔 신호 스트림들에 행렬 곱셈 연산을 수행하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 복수의 수신된 신호 스트림들을 합성 신호 스트림으로 멀티플렉싱하는 단계를 더 포함한다. 복수의 수신 빔들은 독립적으로 조종 가능한 수신 빔들이다. 상기 빔 신호 스트림은 IF 신호들이고, 상기 방법은 또한 상기 복수의 빔 신호 스트림들을 상기 복수의 개별 수신된 신호 스트림들로 맵핑하기 전에 IF로부터 디지털로 상기 복수의 빔 신호 스트림들을 변환하는 단계를 포함한다. 상기 맵핑은 디지털 도메인(digital domain)에서 수행된다.

[0014] 일반적으로, 또 다른 양상에서, 본 발명은 안테나 시스템이: 다중 안테나 엘리먼트들을 갖는 안테나 어레이 시스템; 안테나 어레이 시스템을 제어하고 안테나 어레이 시스템으로 하여금 복수의 빔 신호 스트림들을 수신하기 위한 복수의 수신 빔들을 생성하도록 구성되는 제어기 - 상기 복수의 수신 빔들의 각각은 상기 복수의 빔 신호

스트림들의 대응하는 빔 신호 스트림을 생성하기 위한 것임 - ; 및 안테나 어레이 시스템에 전기적으로 결합되고 복수의 출력들을 갖는 신호 맵핑 모듈 - 상기 신호 맵핑 모듈은 상기 복수의 수신 신호 스트림들을 복수의 개별 수신된 신호 스트림들에 맵핑하도록 구성되고, 복수의 개별 수신된 신호 스트림들의 각각이 상기 신호 맵핑 모듈의 복수의 출력들의 대응하는 상이한 출력 상에 제공되고, 상기 복수의 수신된 신호 스트림들 중 적어도 하나의 수신된 신호 스트림들은 상기 복수의 빔 신호 스트림들의 다중 빔 신호 스트림들의 조합임 - 를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 다른 실시 예들은 다음 특징들 중 하나 이상을 포함한다. 상기 조합은 선형 조합이다. 상기 복수의 수신된 신호 스트림들의 각 수신된 신호 스트림은 상기 복수의 빔 신호 스트림들의 다중 빔 신호 스트림들의 대응하는 선형 조합이다. 상기 맵핑은 상기 복수의 수신된 신호 스트림들을 생성하기 위해 상기 복수의 빔 신호 스트림들에 행렬 곱셈 연산을 수행하는 것을 포함한다. 상기 안테나 시스템은 또한 복수의 수신된 신호 스트림들을 합성 신호 스트림으로 멀티플렉싱하기 위해 상기 신호 맵핑 모듈에 전기적으로 결합된 멀티플렉서 모듈을 포함한다.

[0016] 본 발명의 하나 이상의 실시 예들의 세부 사항들은 첨부된 도면들 및 이하의 설명에서 설명된다. 본 발명의 다른 특징들, 목적들 및 이점들은 상세한 설명 및 도면들 및 청구 범위들로부터 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1은 종래의 2T2R MIMO LTE 기지국 시스템 기능 배치를 나타낸다.
- 도 2는 종래의 2T4R MIMO LTE 기지국 시스템 기능 배치를 나타낸다.
- 도 3은 종래의 4T4R MIMO LTE 기지국 시스템 기능 배치를 나타낸다.
- 도 4는 4 개의 빔들을 갖는 위상 어레이 4T4R MIMO LTE 기지국 시스템 기능 배치를 도시한다.
- 도 5는 4 개의 빔들을 갖는 다른 위상 어레이 4T4R MIMO LTE 기지국 시스템 기능 배치를 도시한다.
- 도 6은 $+45^\circ$ / -45° 교차 편파 안테나 어레이를 사용하여 0° / 90° 편광 빔들을 생성하는 것을 도시한다.
- 도 7은 $+45^\circ$ / -45° 교차 편파 안테나 어레이를 사용하여 RHCP 및 LHCP 빔들을 생성하는 것을 도시한다.
- 도 8은 단일 종래의 교차 편파 안테나에 4T4R을 맵핑하는 것을 도시한다.
- 도 9는 추가적인 다이버시티를 갖는 단일 종래 교차 편파 안테나에 4T4R을 맵핑하는 것을 도시한다.
- 도 10은 완전한 오버헤드 커버리지 및 추가적인 핫스팟 커버리지를 갖는 위상 어레이 4T4R을 도시한다.
- 도 11은 Tx 및 Rx 행렬 곱셈을 구현하는 디지털 실시 예의 기능 블록도를 도시한다.
- 도 12는 Tx 및 Rx 행렬 곱셈을 구현하는 RF 실시 예의 기능 블록도를 도시한다.
- 도 13은 안테나 어레이의 하나의 안테나 엘리먼트에 연결된 프론트 엔드 모듈의 블록도이다.
- 도 14는 다중 안테나 엘리먼트들을 갖는 능동 안테나 어레이 시스템의 송신기 측의 블록도이다.
- 도 15는 다중 안테나 엘리먼트들을 갖는 능동 안테나 어레이 시스템의 수신기 측의 블록도이다.
- 이전의 도면들에서, 유사한 엘리먼트들은 동일한 참조 번호들로 식별될 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 여기에 설명된 접근법은 무선 통신 시스템 내에서 사용되고 기지국 또는 모바일 중 어느 하나에 적용될 수 있지만, 기지국에서 보다 많이 사용된다. 위상 배열 안테나 시스템 내에서 사용되지만, 종래의 안테나 시스템에도 사용될 수 있다.

[0019] 이하의 실시 예들은 기지국 송신기로 설명되지만, 이 원리들은 후술하는 바와 같이 수신기에도 적용된다. 설명된 실시 예는 3GPP LTE(3rd Generation Partnership Project Long-Term Evolution) 표준을 따르지만, 이 원리들은 임의의 일반적인 다중 스트림 통신 시스템에 적용된다.

[0020] 도 4에 도시된 것과 같은, 위상 어레이 안테나 시스템은 본 명세서에서 개발된 아이디어들을 예시하기 위해 사용될 것이다. 그것은 위상 어레이 안테나(50)를 동작시키는 원격 위상 어레이 무선 헤드(25)와 통신하는 기지국(35)을 포함한다. 이 시스템에서, 다중 빔들이 섹터 내에서 형성될 수 있으며, 일부는 아마도 중첩되고 일부는

중첩되지 않을 수 있다. 이 특정 실시 예에서, 기지국(35)은 4 개의 송신 신호 스트림들(Tx1, Tx2, Tx3 및 Tx4)을 원격 무선 헤드(25)에 전송하고, 원격 무선 헤드(25)로부터 4 개의 수신된 신호 스트림들(Rx1, Rx2, Rx3 및 Rx4)을 수신한다. 원격 무선 헤드(25)는, 차례로, 4 개의 빔, 즉 각각의 송신 빔 신호 스트림에 대해 하나의 빔을 생성하기 위해, 안테나 어레이(50)에 4 개의 송신 빔 신호 스트림(Tb1, Tb2, Tb3 및 Tb4)을 송신하고, 4 개의 신호 스트림들(Rb1, Rb2, Rb3 및 Rb4)을 안테나 어레이(50)로부터 수신한다. 일반적으로, 각각의 송신 신호 스트림(Tx1, Tx2, Tx3 및 Tx4)은 대응하는 상이한 빔에 맵핑된다. 그러나, 이러한 시스템에서, 2 개 이상의 송신 신호 스트림들의 선형 조합을 단일 안테나 빔에 송신하는 것이 매우 유리할 수 있다. 그렇게 하기 위해, 시스템(예를 들어, 무선 헤드)은 다중 송신 신호 스트림들을 선형적으로 결합하여 송신 빔 신호 스트림들 중 하나를 생성하도록 수정된다.

[0021] 이러한 개념의 일반적인 구현이 이제 특정 예들에 의해 기술되고 예시될 것이다.

[0022] 안테나 어레이에 의해 형성된 n 개의 입력 송신 신호 스트림들 및 m 개의 출력 송신 빔들을 갖는 다중 스트림 통신 시스템을 고려한다. 입력 송신 신호 스트림들(Tx₁ 내지 Tx_n)을 각각의 송신 빔(TB₁ 내지 TB_m)에 맵핑하는 것은 선형 조합 행렬(M)을 통해 달성된다:

[0023] $[TB] = [M] [Tx]$

[0024] 행렬들을 확장함:

$$\begin{bmatrix} TB1 \\ TB2 \\ TB3 \\ M \\ TBm \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M11 & M12 & M13 & \Lambda & M1n \\ M21 & M22 & M23 & \Lambda & M2n \\ M31 & M32 & M33 & \Lambda & M3n \\ M & M & M & M & M \\ Mm1 & Mm2 & Mm3 & \Lambda & Mmn \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Tx1 \\ Tx2 \\ Tx3 \\ M \\ Txn \end{bmatrix}$$

[0025] 명백한 바와 같이, 임의의 수의 입력 스트림들이 임의의 수의 위상 어레이 안테나 빔들에 임의의 선형 조합으로 맵핑될 수 있다. 다르게 말하면, 가장 일반적인 의미에서, 각각의 안테나 빔에 대한 맵핑은 그 빔에 대한 입력 스트림들의 가중된 합계이다. 이는 4 개의 송신 신호 스트림들이 4 개의 빔들(즉, m = 4 및 n = 4)으로 맵핑되는 경우에 대해 도 5에 도시된다.

[0026] 어떤 경우들에서는, 입력들의 일부의 위상뿐만 아니라 크기를 변경하는 것이 유리하다. 이것은 선형 조합 행렬에 위상 컴포넌트를 추가함으로써 쉽게 수행될 수 있다. 선형 조합 행렬(M)의 각각의 행렬 요소(M_{ij})는 스케일러(scaler) 및 위상 조정(phase adjustment)의 곱이 될 것이다: M_{ij}=A_{ij} (e^{jθ_{ij}}), 여기서, A_{ij}는 크기 승수(multiplier)이고, θ_{ij}는 위상 시프트이다.

[0027] 다음은 이것이 실용적인 시스템에서 어떻게 사용될 것인지를 예이다. 4 개의 독립적인 데이터 스트림들을 송신하고 교차 폴 안테나 엘리먼트 어레이 행렬(cross-pol antenna element array matrix)로 형성된 4 개의 빔들에 맵핑되는 4T4R MIMO 기지국을 고려한다. 3GPP LTE에서, 오버헤드 심볼들은 4 개의 송신 신호 스트림들(Tx₁ 및 Tx₂) 중 2 개에 걸쳐 확산되고 그 다음 나머지 두 개의 송신 신호 스트림들(Tx₃ 및 Tx₄)에 대한 알라무티(Alamouti) 코딩을 사용하여 반복된다. 위상 어레이 시스템이 4 개의 빔들로, +45° 편파를 갖는 2 개의 빔들 및 -45° 편파를 갖는 다른 2 개의 빔들로, 제한되는 경우, 신호들(Tx₁ 및 Tx₂)의 동일하게 가중된 선형 조합을 단일 빔이 섹터를 통해 넓게 퍼져서 오버헤드 채널들 모두가 모바일들이 셀에 래치할 수 있도록 한다. 이것은 섹터 내의 핫스팟 영역들에 대해 아마도 더욱 좁게 포커싱된 빔들 상의 입력 스트림들의 개별 입력 스트림 송신 또는 상이한 선형 조합들을 위해 다른 3 개의 빔들을 자유롭게 해준다.

[0028] 추가적인 다이버시티는 입력 신호들의 위상을 회전시키고 이들을 서로 대향하는 안테나 엘리먼트 편파들에 적절히 공급하여, 도 6에 예시된 바와 같이, +45° /-45° 안테나 쌍으로부터 아마도 0° /90° 편광된 파형을 생성함으로써 달성될 수 있다. 대안적으로, 도 7에 예시된 바와 같이 적절하게 선택된 위상 시프트를 사용함으로써, 시스템은 RHCP(right hand circularly polarized) 또는 LHCP(left hand circularly polarized) 편파를 생성할 수 있다. 이러한 몇몇 예들로부터, 이 방식으로는 가능한 많은 가능성들이 있음이 명백해야 한다.

[0030] 수신 방향을 고려하라. 4T4R MIMO LTE 시스템에서, 최소 평균 제곱 에러(MMSE, minimum mean square error) 방식으로 가산되고 기지국 모뎀에서 복조되는 4 개의 대응하는 수신 스트림들이 존재할 것이다. 종래의 기지국의 경우, 각각의 수신 스트림은 각 송신 스트림에 대응하므로, 각 안테나와 각 수신 스트림 사이에 일대일 대응이 존재할 것이다. 안테나 어레이의 경우에서, 빔들의 수와 수신 스트림들의 수 사이에 일대일 대응이 존재하지 않을 수 있으므로, 각 빔으로부터의 수신 정보는 네 개의 모든 수신 경로들이 활용되고 있는 것이 확인되도록 각 수신 스트림에 전송(맵핑)되어야 한다.

[0031] 수신 측은 역방향으로, 즉, 수신 빔으로부터 수신 스트림으로, 맵핑된다. 수신 빔들(RB₁ 내지 RB_m)을 각각의 출력 수신 스트림(Rx₁ 내지 Rx_n)으로 맵핑하는 것은 선형 조합 행렬 L을 통해 이루어진다:

[0032] $[Rx] = [L] [RB]$

[0033] 행렬을 확장함:

[0034]
$$\begin{bmatrix} Rx1 \\ Rx2 \\ Rx3 \\ \vdots \\ Rxn \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L11 & L12 & L13 & \Lambda & L1m \\ L21 & L22 & L23 & \Lambda & L2m \\ L31 & L32 & L33 & \Lambda & L3m \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Ln1 & Ln2 & Ln3 & \Lambda & Lnm \end{bmatrix} \begin{bmatrix} RB1 \\ RB2 \\ RB3 \\ \vdots \\ RBm \end{bmatrix}$$

[0035] 일부 경우에는, 입력들의 일부의 위상뿐만 아니라 크기를 변경하는 것이 유리하다. 송신 경우에서와 같이, 이는 선형 조합 행렬에 위상 컴포넌트를 추가함으로써 쉽게 수행될 수 있다. 선형 조합 행렬(L)의 각각의 행렬 엘리먼트(L_{ij})는 스케일러 및 위상 조정의 곱셈이 될 것이다: L_{ij}=A_{ij} (e^{jθ_{ij}}), 여기서, A^{ij}는 크기 승수이고, θ_{ij}는 위상 시프트이다. 또한, 송신 행렬(M) 내의 엘리먼트들은 수신 행렬(L) 내의 엘리먼트들과는 완전히 다를 수 있다.

[0036] 4 개의 빔들을 형성하는 4T4R 위상 어레이 시스템은 송신 및 수신 모두에 대해 4x4 맵핑 행렬을 요구할 것이다:

[0037]
$$\begin{bmatrix} TB1 \\ TB2 \\ TB3 \\ TB4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M11 & M12 & M13 & M14 \\ M21 & M22 & M23 & M24 \\ M31 & M32 & M33 & M34 \\ M41 & M42 & M43 & M44 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Tx1 \\ Tx2 \\ Tx3 \\ Tx4 \end{bmatrix}$$

[0038]
$$\begin{bmatrix} Rx1 \\ Rx2 \\ Rx3 \\ Rx4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L11 & L12 & L13 & L14 \\ L21 & L22 & L23 & L24 \\ L31 & L32 & L33 & L34 \\ L41 & L42 & L43 & L44 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} RB1 \\ RB2 \\ RB3 \\ RB4 \end{bmatrix}$$

[0039] 여기에서 핵심 개념은 제한된 수의 종래의 안테나들 또는 안테나 어레이에서 생성될 수 있는 제한된 수의 빔들의 사용을 최적화하기 위해, 다중 스트림 통신 시스템의 입력들의 선형 조합들을 생성하는 아이디어이다. 추가적인 종래의 안테나를 추가하는 것은 타워 구역 제한들(tower zoning restriction) 및 임대 비용(rental fees)으로 인하여 종종 실용적이지 않으며, 안테나 어레이에서 추가적인 빔들을 생성하는 능력은 이용 가능한 시스템 하드웨어 또는 소프트웨어에 의해 제한될 수 있다.

[0040] 종래의 안테나의 예. 어떤 유형의 타워 제한(예를 들어, 공간, 구역화, 비용)으로 인해 서비스 제공자가 단일 교차 편파 종래의 안테나(10a)로 제한되는 4T4R 무선 통신 시스템을 고려한다. 무선 헤드(28)(도 8 참조)에서 구현될 수 있는 하나의 솔루션은 4 개의 송신 스트림들 중 2 개(예를 들어, Tx1 및 Tx2)를 선형적으로 결합하여 이들을 +45° 안테나 편파로 공급하는 것이고, 도 8에 도시된 바와 같이, 나머지 두 개의 송신 스트림들(예를

들어, Tx3 및 Tx4)을 선형적으로 결합하여 -45° 안테나 편파로 공급한다.

- [0041] 추가적인 다이버시티 이득을 허용할 수 있는 제 2 솔루션은, $+45^\circ$ 에서의 Tx1(경사 편광, slant polarization), -45° 에서의 Tx2(경사 편광), 0° 에서의 Tx3(수직 편광, vertical polarization) 및 $+90^\circ$ 에서의 Tx4와 같이, 4 개의 스트림 모두를 상이한 편광들로 방사하는 방식으로, 교차 편파 안테나의 2 개의 입력에 4 개의 송신 스트림 모두의 선형 조합을 공급하는 것이다. 이것은 도 9에 예시된다.
- [0042] 어느 경우에도, 수신기 측에서, 수신된 신호들은 전형적으로 송신기 측의 선형 조합 및/또는 편광과 정합하는 방식으로 결합될 수 있다.
- [0043] 위상 배열 안테나의 예. 어떤 유형의 장비 제한(예를 들어, 하드웨어/소프트웨어)으로 인해 안테나 어레이(50)로 형성될 수 있는 빔들의 수가 4로 제한되는 4T4R 무선 통신 시스템을 고려한다. 간단한 솔루션은 송신 스트림들 각각을 고유한 송신 빔에 개별적으로 할당하는 것이다. 그러나, 이러한 기본 배치는 섹터(32) 내의 빔들의 최적의 배치(optimal placement)를 제한하는데, 그 이유는 3GPP LTE 시스템에서 모바일들이 셀들에 고정되기 위해서 4 개의 빔들 중 2 개가 중첩 빔들로 전체 섹터를 커버할 필요가 있기 때문이다.
- [0044] 하나의 솔루션은 4 개의 송신 스트림들 중 2 개(예를 들어, Tx1 및 Tx2)를 선형적으로 결합하고 그들을 $+45^\circ$ 안테나 편파에서 빔 1로 공급하고, 나머지 두 개의 송신 스트림들(예를 들어, Tx3 및 Tx4)을 선형적으로 결합하고 -45° 안테나 편파에서 빔 2로 공급하는 것이다. 이는 개별 또는 선형으로 조합된 송신 스트림들의 핫스팟 커버리지에 대해 빔 3 및 빔 4를 자유롭게 한다. 이것은 도 10에 예시된다.
- [0045] 최적의 섹터 커버리지를 위해 3 개의 빔을 자유롭게 하지만, 다이버시티 트레이드 오프를 갖는, 4 개의 송신 스트림들 모두의 조합을 포함하는 단일 빔을 생성하는 것과 같은 추가적인 해결책이 가능하다. 마지막으로, 각 빔의 편광, 또는 중첩하는 빔들 상의 특정 개별적인 또는 선형적으로 결합된 송신 스트림 조합들의 편광은 다이버시티 향상을 위해 앞서 논의된 바와 같이 변경될 수 있다.
- [0046] 위상 어레이 시스템들은 각 빔의 양각(elevation angle)을 기울여지게 하거나(skewing) 중첩하는 빔들의 방위각(azimuth angle)을 기울여지게 하거나, 또는 이들과 상기 다이버시티 방식들의 조합과 같은, 종래의 안테나 시스템들에 비해 추가적인 다이버시티 옵션들을 위한 유연성을 제공한다.
- [0047] 도 11은 송신 측 및 수신 측에서 행렬 곱셈을 사용하는 예시적인 디지털 기지국 인터페이스 구현을 도시한다. CPRI(Common Public Radio Interface) 모듈(100)은 Rx 및 Tx 신호들을 무선 헤드로 및 무선 헤드로부터 전달하는 호스트 기지국(도시되지 않음)으로부터의 링크에 대한 인터페이스를 제공한다. 본 명세서 및 이하의 설명에서의 혼란을 피하기 위해, 기지국은 두 개의 인터페이스 포인트: 즉 기지국의 기저 대역 처리 유닛에 대한 디지털 CPRI 인터페이스(도 1의 경우와 같이)를 가질 수 있거나, 또는 기지국 무선기 또는 기지국 RF 헤드에 대한 직접 RF 인터페이스(이하에서 논의되는 도 12의 경우와 같이)를 포함할 수 있다.
- [0048] 신호들은 CPRI 프레임들로서 기지국과 무선 헤드 사이에서 교환된다. CPRI 모듈(100) 내에는, 기지국에 의해 송신된 CPRI 프레임으로부터 다중 디지털 송신 신호들(DTx1, DTx2, DTx3, 및 DTx4)을 추출하는 디멀티플렉서 또는 CPRI 디프레임 기능(102, de-framing function)이 있다. 그 다음, 이들 신호 스트림들은 복수의 송신 빔 신호들(BTx1, BTx2, BTx3 및 BTx4)을 생성하는 프로세싱 모듈(106)에 제공되며, 각각은 프로세싱 모듈(106)에 의해 수신되는, 적어도 하나의 디지털 송신 신호 스트림들의 선형 조합이다. 프로세싱 모듈(106)은 디지털 송신 신호들로부터 선형 조합을 생성하기 위해 이전에 기술된 타입의 행렬 곱셈을 수행하기 위해 사용하는 디지털 행렬 곱셈기들(digital matrix multipliers) 및 가산기들(adders)을 포함한다. 결과적인 송신 빔 신호들은 디지털-IF 변환기(110)에 의해 IF 신호들로 변환되고, 결과적인 IF 빔 신호들(ITx1, ITx2, ITx3 및 ITx4)은 능동 안테나 어레이 시스템(114)에 제공되고 무선 전송을 위해 RF로 변환된다. 이하 더 상세히 기술되는, 능동 안테나 어레이 시스템(114)은 송신 빔 신호들이 송신되는 4 개의 빔뿐만 아니라 IF-RF 변환을 생성하는데 사용되는, 빔 형성 및 빔 맵핑 기능을 포함한다.
- [0049] 수신기 측에서, 수신된 RF 빔 신호들은 능동 안테나 어레이 시스템 (114)에서 IF 신호(IRx1, IRx2, IRx3 및 IRx4)로 하향 변환되고, 이들 IF 신호들은 IF-디지털 변환기(112)에 의해 디지털 수신된 빔 신호들(BRx1, BRx2, BRx3, 및 BRx4)로 변환된다. 이들 신호들은 복수의 디지털 수신된 신호들(DRx1, DRx2, DRx3, 및 DRx4)을 생성하는 프로세싱 모듈(108)에 제공되며, 각각은 프로세싱 모듈(108)에 의해 수신된 빔 신호들 중 적어도 하나의 선형 조합이다. 프로세싱 모듈(108)은 수신된 빔 신호들의 선형 조합을 생성하기 위해 이전에 기술된 유형의 행렬 곱셈을 수행하기 위해 사용하는 디지털 행렬 곱셈기 및 가산기를 포함한다. CPRI 모듈(100) 내의 멀티플렉서 또는 CPRI 프레임링 기능(104)은 기지국으로 다시 송신하기 위해 복수의 디지털 수신 신호를 CPRI 프레임으로

조립한다.

- [0050] 설명된 실시 예에서, CPRI 모듈(100) 및 프로세싱 모듈(106 및 108)의 행렬 곱셈 연산은 필요한 기능들을 수행하도록 적절하게 프로그래밍된 FPGA(또는 다른 프로세서 엘리먼트들)를 사용하여 구현된다. 디지털-IF 변환기(110) 및 IF-디지털 변환기(112)는 디지털-아날로그 및 아날로그-디지털 회로를 사용하는 하드웨어로 구현된다.
- [0051] 도 12는 송신 측 및 수신 측에서 행렬 곱셈을 사용하는 RF 기지국 인터페이스 구현의 예를 도시한다. 이 경우, 기지국 신호들은 RF 송신 신호들(Tx1, Tx2, Tx3 및 Tx4)로서 원격 무선 헤드에 송신되고 원격 무선 헤드로부터 수신된다. 이들 신호들은 RF-IF 변환기(126)에 의해 대응하는 IF 송신 신호들(ITx1, ITx2, ITx3 및 ITx4)로 변환된다. 이들 IF 송신 신호는 복수의 빔 송신 신호(BTx1, BTx2, BTx3 및 BTx4)를 생성하는 프로세싱 모듈(130)에 제공되고, 각각은, 프로세싱 모듈(130)에 의해 수신되는, 적어도 하나의 IF 송신 신호의 선형 조합이다. 프로세싱 모듈(130)은 IF 송신 신호들의 선형 조합을 생성하기 위해, 앞서 기술된 유형의 행렬 곱셈을 수행하기 위해 사용하는 디지털 행렬 곱셈기 및 가산기를 포함한다. 결과적인 빔 신호들(BTx1, BTx2, BTx3, 및 BTx4)은 능동 안테나 어레이 시스템(114)에 제공되고, 무선 송신을 위해 RF로 변환된다. 전술한 바와 같이, 능동 안테나 어레이 시스템(114)은 송신 빔 신호들이 송신되는 4 개의 빔들뿐만 아니라 IF-RF 변환을 생성하는데 사용되는 빔 형성 및 빔 맵핑 기능을 포함한다.
- [0052] 수신기 측에서, 능동 안테나 어레이로부터 수신된 IF 빔 신호들, BRx1, BRx2, BRx3 및 BRx4는 복수의 수신된 IF 신호들(IRx1, IRx2, IRx3, 및 IRx4)을 생성하는 프로세싱 모듈(132)에 제공되고, 각각은 프로세싱 모듈에 의해 수신되는 적어도 하나의 IF 빔 신호들의 선형 조합이다. 프로세싱 모듈은 IF 송신 신호들의 선형 조합을 생성하기 위해 이전에 기술된 유형의 행렬 곱셈을 수행하기 위해 사용하는 디지털 행렬 곱셈기 및 가산기를 포함한다. 수신된 IF 신호들은 IF-RF 변환기(128)에 의해 대응하는 RF 수신 신호, Rx1, Rx2, Rx3 및 Rx4로 변환되어 기지국으로 송신된다.
- [0053] 기술된 실시 예에서, RF-IF 및 IF-RF 모듈(126 및 128)은 예를 들어, 2011년 6월 30일에 출원된, “Low Cost, Active Antenna Arrays” 라는 명칭인, 미국 특허 제 8,622,959 호에 개시된 바와 같은 종래의 상향 변환 및 하향 변환 회로에 의해 구현되고, 그 전체 내용은 본 명세서에 참고로 포함된다. 행렬 곱셈 모듈들(130 및 132)은 설명된 기능들을 수행하도록 적절히 구성된 IF 및/또는 RF 결합기들 및 스위치들을 사용함으로써 구현된다.
- [0054] 전형적으로, 행렬들은 시스템 설정에서 정의되고 프로그램된다. 그러나, 필요하다면, 필드에서 또는 비행 상에서 변경될 수도 있다. 시스템이 구현되는 환경이 시간이 지남에 따라 변하기 때문에, 예를 들어 새로운 건물, 상점 또는 고속도로가 건설되기 때문에 이것은 필요할 수 있다. 이러한 환경 변화는 전형적으로 시스템이 최적의 성능에 더 가깝게 동작하도록 행렬의 변경을 필요로 할 것이다. 선형 조합은 각 섹터에 대한 특정 커버리지 요구들에 기초하여 설계될 수 있고, 이용 가능한 옵션들의 톨박스가 제공되어 특정 섹터의 RF 커버리지 레이어아웃을 최적화할 수 있다.
- [0055] 도 11 및 도 12의 시스템에서 사용될 수 있는 예시적인 능동 안테나 어레이 시스템의 내부 구조의 상세들이 도 13, 도 14 및 도 15에 제시되어 있다. 도면들은 능동 안테나 어레이 시스템을 구현하는 많은 상이한 가능한 방법들의 단지 일례를 도시한 것임을 이해해야 한다.
- [0056] 설명된 실시 예에서, 안테나 어레이는 M 개의 안테나 엘리먼트들의 1 차원 또는 2 차원 어레이를 포함한다. 도 13은 다중 엘리먼트 안테나 어레이의 단일 안테나 엘리먼트(210)에 접속되는 회로의 블록도를 도시한다. M 개의 안테나 엘리먼트들을 갖는 안테나 어레이 시스템에서, 이 회로는 각 안테나 엘리먼트마다 복제된다. 각각의 안테나 엘리먼트(210)에는, 안테나 엘리먼트(210)에 접속된 프론트 엔드 모듈(또는 Tx/Rx 모듈)(200)이 있다. 프론트-엔드 모듈은 송신기 측 및 수신기 측을 갖는다. 송신기 측은 N 개의 상향 변환 모듈(202), 결합기 회로(204) 및 전력 증폭기(PA)(206)를 포함한다. 수신기 측은 저잡음 증폭기(LNA)(212), 스플리터(214), 및 N 개의 하향 변환 모듈들(216)을 포함한다. 프론트-엔드 모듈(200)은 송신기 측의 PA(206)로부터의 구동 신호를 안테나 엘리먼트(210)에 결합시키고 수신기 측의 안테나 엘리먼트(210)로부터 수신된 신호를 LNA(212)에 결합하는 듀플렉서 회로(208)를 포함한다. 각각의 상향 변환 모듈(202)의 입력은 기저 대역 유닛(미도시)으로부터 상이한 빔 송신 신호 스트림(Bt1 ... Btn)을 수신하기 위한 것이다. 각각의 하향 변환 모듈(216)의 출력은 상이한 빔 수신된 신호 스트림(Br1 ... Brn)을 출력하기 위한 것이다. 전형적으로, 각각의 빔 송신 신호 스트림은 능동 안테나 어레이 시스템에 의해 생성된 상이한 빔에 맵핑되고, 각각의 수신된 신호 스트림은 능동 안테나 어레이에 의해 형성된 상이한 수신된 빔에 의해 수신된 신호에 대응한다.
- [0057] 상향 변환 모듈(202)이 보다 상세히 도시된 능동 안테나 어레이 시스템이 도 14에 도시된다; 하향 변환 모듈

(216)이 보다 상세하게 도시된 능동 안테나 어레이 시스템이 도 15에 도시된다. 실제 문제로서, 별개로 도시된, 이들 2 개의 시스템은 동일한 능동 안테나 어레이 시스템에서 구현될 것이지만, 도면을 단순화하기 위해, 여기서는 개별적으로 제시된다. 도 14의 능동 안테나 어레이 시스템은 안테나 어레이의 M개의 엘리먼트들(210)에 의해 생성된 단일 송신 빔을 통해 하나의 송신 신호 스트림을 송신하기 위한 시스템이다. 각각의 안테나 엘리먼트(210)에 대해 하나의 상향 변환 모듈(202)만이 있기 때문에, 도 13에 도시된, 결합기(204)는 필요하지 않으므로 생략되었다. 유사하게, 도 15의 능동 안테나 어레이 시스템은 안테나 어레이에 의해 생성된 단일 수신 빔 패턴 상의 신호 스트림을 수신하기 위한 것이다. 각각의 안테나 엘리먼트(210)에 대해 오직 하나의 하향 변환 모듈(216)이 있기 때문에, 도 13에 도시된, 스플리터(214)는 필요하지 않으므로 생략되었다.

[0058] 코히런트 또는 위상 동기화된 LO 신호를 M 개의 상향 변환 모듈(202) 및 M 개의 하향 변환 모듈(216)에 분배하기 위한 LO 분배 네트워크(220)가 있다. 도 14에 도시된 바와 같이, IF 송신 신호를 각각의 상향 변환 모듈(202)에 전달하기 위한 IF 분배 네트워크(224)가 또한 존재한다. 그리고, 도 15에 도시된 바와 같이, 하향 변환 모듈들(216) 각각으로부터 수신된 신호들을 어그리게이션하기 위한 IF 어그리게이션 네트워크(226)가 있다.

[0059] 분포 및 어그리게이션 네트워크들은 신호들의 코히어런트 분포/어그리게이션을 보장하기 위해 전기적으로 동일한 경로들을 갖는 수동 선형 상호 네트워크일 수 있다. 대안적으로, 하나 이상의 이들 네트워크는 2008 년 7 월 21 일자로 출원된 "Method and System for Multi-Point Signal Generation with Phase Synchronized Local Carriers"이라는 명칭의 미국 특허 제 8,259,884 호 및 2011 년 6 월 30 일 출원된 " Low Cost, Active Antenna Arrays"라는 명칭의 미국 특허 제 8,622,959 호에 개시된 양방향 신호 네트워크를 사용하여 구현될 수 있거나 또는 2016 년 9 월 8 일자로 출원된 "Calibrating a Serial Interconnection"라는 명칭의 미국 특허 USSN15/259,639에 개시된 직렬 상호접속 접근법을 사용하여 구현될 수 있다.

[0060] 각각의 상향 변환 모듈(202)은 혼합기(203) 및 각각 A 및 P로 표시되는 다양한 진폭 및 위상 설정 회로들을 포함한다. LO 신호 및 분배된 IF 송신 신호 스트림은 모두 IF 송신 신호 스트림을 전력 증폭기(206)에 제공되는 RF 송신 신호 스트림으로 상향 변환하는 혼합기(203)에 제공된다. 유사하게, 각각의 하향 변환 모듈(216)은 혼합기(217) 및 A 및 P로 각각 식별되는 다양한 진폭 및 위상 설정 회로를 또한 포함한다. 하향 변환 모듈(216)의 혼합기(217)는 LO 분배 네트워크(220)에 의해 제공된 LO 신호와 안테나 엘리먼트(210)에 결합된 저잡음 증폭기(212)로부터 수신된 RF 신호 스트림을 곱하여 하향 변환된 IF 수신 신호 스트림을 생성한다. 하향 변환된 IF 신호 스트림은 다른 안테나 엘리먼트들로부터의 IF 수신된 신호 스트림들과의 어그리게이션과 기지국으로의 송신을 위해 IF 어그리게이션 네트워크(226)에 제공된다.

[0061] 진폭 및 위상 설정 회로들(A 및 P)은 개별 안테나 신호들의 상대 위상 또는 진폭을 변경하여 안테나 어레이에 의해 생성된 송신 및 수신 빔 패턴들의 크기, 방향 및 강도를 설정하기 위해 사용된다. (주 : 안테나 어레이에서, 송신 빔은 안테나 어레이에 의해 생성된 방사 패턴이다. 그 방사 패턴은 안테나 어레이의 전방에서 측정될 수 있다. 대조적으로, 수신 빔은 안테나 어레이에 의해 형성된 방사 패턴이 아니라 오히려 안테나 감도의 패턴이다. 그럼에도 불구하고, 이 차이에도 불구하고, 양자는 일반적으로 빔이라고 불린다.) 진폭 설정 회로는, 입력 신호 진폭에 대한 출력 신호 진폭의 비율이 프로그램 가능하고 전자 제어로 설정되는, 가변 이득 증폭기와 기본적으로 동일하다. 위상 설정 회로는 전자 제어 하에서 입력 신호를 위상(또는 시간)으로 시프트하는 기본 기능을 갖는다. 이들 진폭 및 위상 설정 회로는 개별 제어 프로세서(213)에 의해 공급된 디지털 제어 신호에 의해 제어된다.

[0062] 도 14 및 도 15에 도시된 진폭 설정 및 위상 설정 회로들의 유형은 기본 송신기 및 수신기에 개별 안테나 신호의 진폭 및 위상 값을 독립적으로 제어하는 능력을 부여하는 많은 가능성 중 하나일 뿐이다. 진폭 및 위상 설정 회로의 수 및 배치는 도 14 및 도 15에 도시된 것과 변경될 수 있다. 또한, 상향 변환 및 하향 변환 모듈들에는 존재하지만 당업자에게 잘 알려져 있기 때문에 도면에 도시되지 않은 다른 컴포넌트들이 있다. 이들은, 예를 들면, 채널 IF 필터들 및 자동 이득 제어들을 포함할 수 있다.

[0063] 전술한 설명에서, n은 무선 헤드에 제공되는 송신 신호 스트림들의 수이고, m은 위상 어레이에 의해 생성된 빔들의 수이며, 동일할 필요는 없다는 것을 이해해야 한다.

[0064] 전술한 가장 일반적인 경우, 행렬 곱셈을 구현하는 프로세서로부터의 각각의 출력 신호 스트림은 다중 입력 스트림의 선형 조합이다. 그러나, 반드시 그럴 필요는 없다. 출력 스트림들 중 오직 하나만이 하나보다 많은 입력 스트림의 서브세트의 선형 조합이고 나머지 모든 출력 스트림은 입력 스트림의 선형 조합이 아니지만 단순히 입력 스트림과 출력 스트림의 일대일 맵핑들일 수 있다. 또한, 이들 두 극단들(extremes) 사이의 임의의 경우도 본 발명의 범위 내에 있다는 것을 이해해야 한다. 또한, 모든 가중치(Mij)는 1과 동일할 수 있고, 이 경우 신호

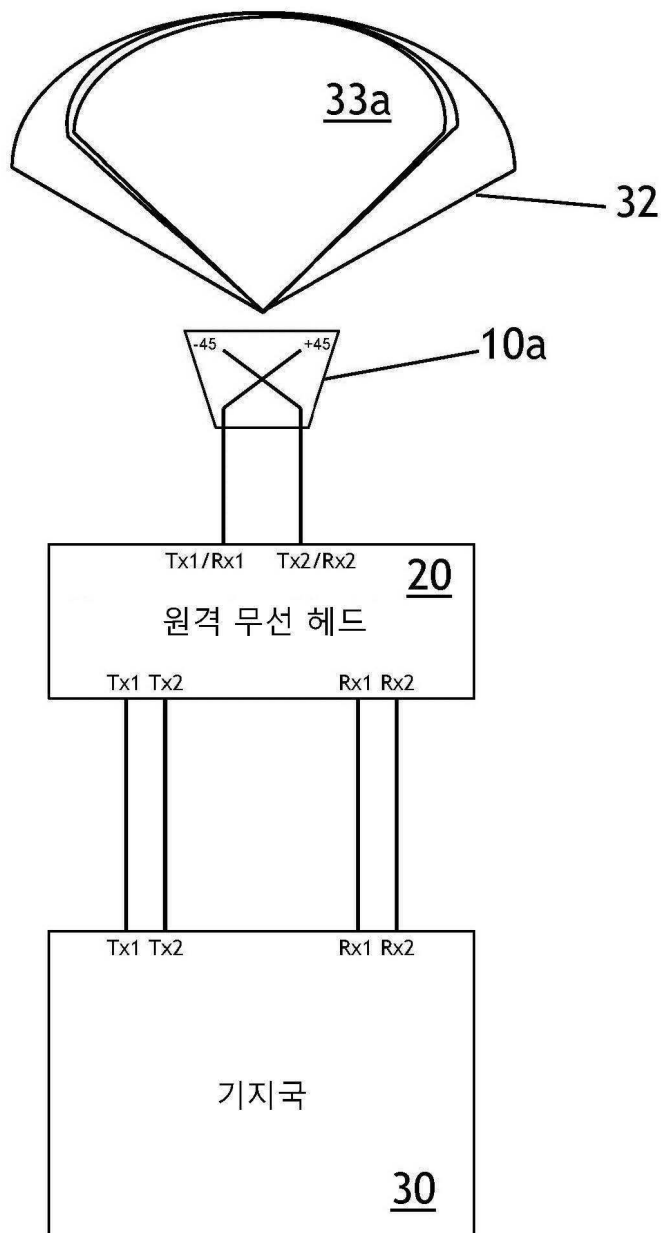
스트림들의 가중된 합계는 신호 스트림들의 간단한 합계이다.

[0065] 다양한 기능들이 프로세서에 의해 구현되는 실시 예에서, 프로세서는 하나 이상의 프로세서 또는 마이크로 프로세서, 하나 이상의 FPGA 또는 다른 프로그래머블 디바이스들일 수 있으며, 프로그래밍 코드 또는 명령들은 컴퓨터 판독 가능한 비휘발성 저장매체(예를 들어, EEPROM, 자기 디스크, RAM 등)에 저장될 수 있다.

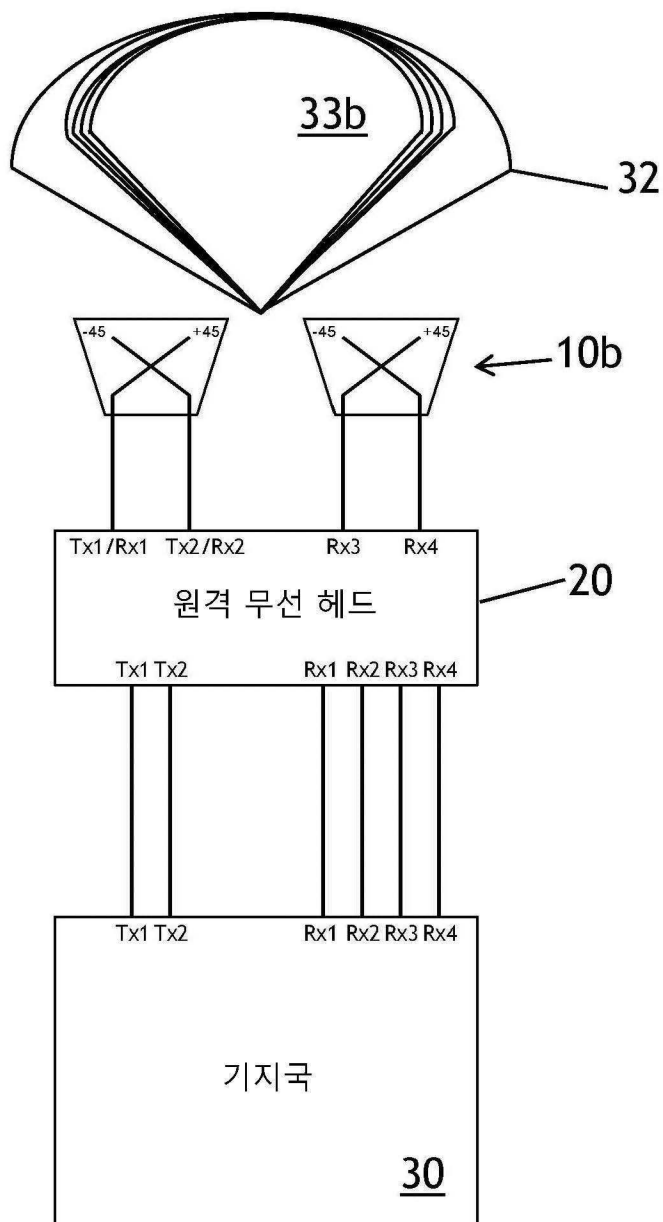
[0066] 다른 실시 예들은 다음의 청구 범위 내에 있다. 예를 들어, 수신기 또는 송신기의 신호 경로를 따라 IF로 변환하는 대신에, 신호는 모두 RF에서 처리될 수 있다. 따라서, 송신 측에서, 기저 대역 유닛으로부터의 디지털 신호는 IF 대신에 RF로 변환되거나 기저 대역 유닛으로부터의 RF 신호는 RF 신호로 남아있게 된다. 유사하게, 수신 측에서, 수신된 RF 신호들은 RF 신호들로 남아있을 수 있다. 또한, 행렬 곱셈 단계들은 상기 예시된 위치(예를 들어 능동 안테나 어레이 시스템(114) 내의) 이외의 신호 경로를 따라 상이한 위치(또는 심지어 다수의 위치)에서 수행될 수 있다. 또한, 여기에 기술된 신호 스트림들의 조합들은 선형 조합들이지만, 비선형 조합들과 같은 다중 신호 스트림들의 다른 유형의 조합들이 가능하다.

도면

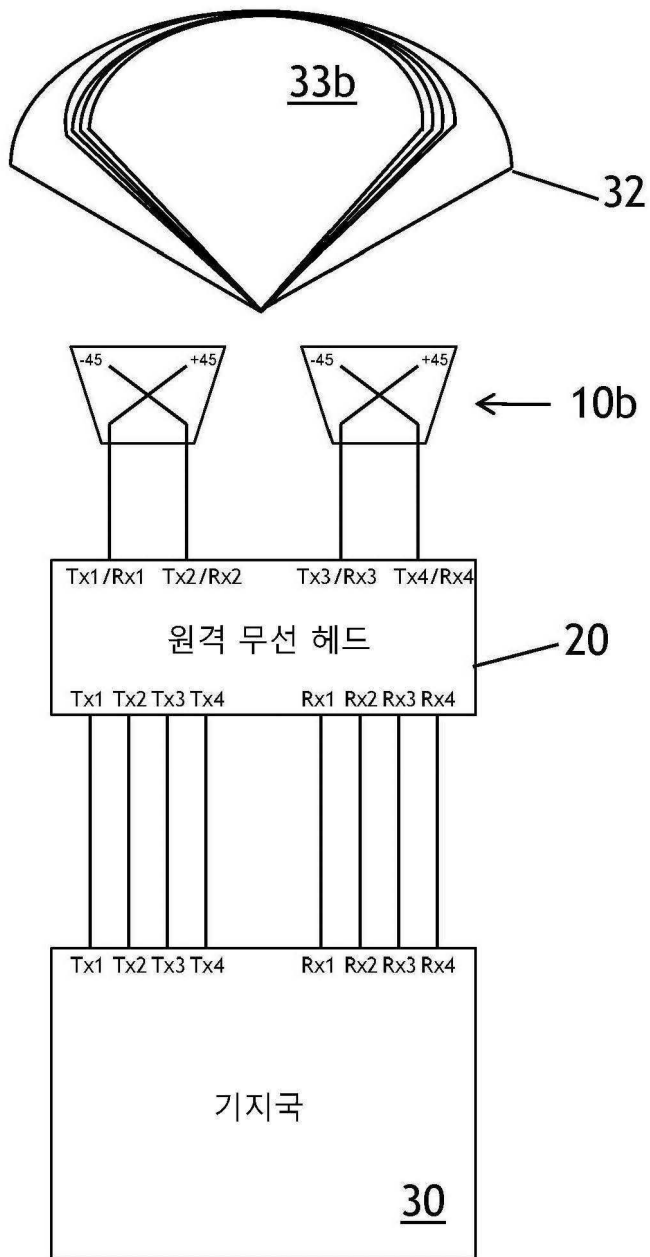
도면1



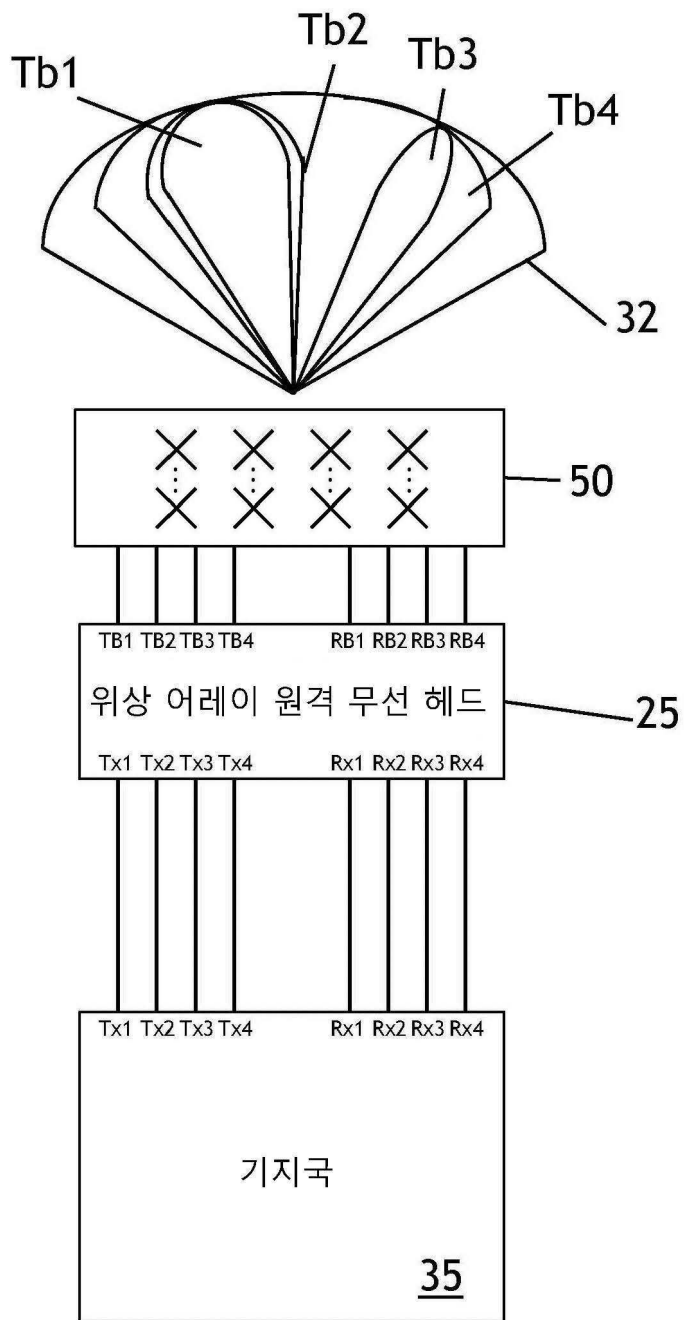
도면2



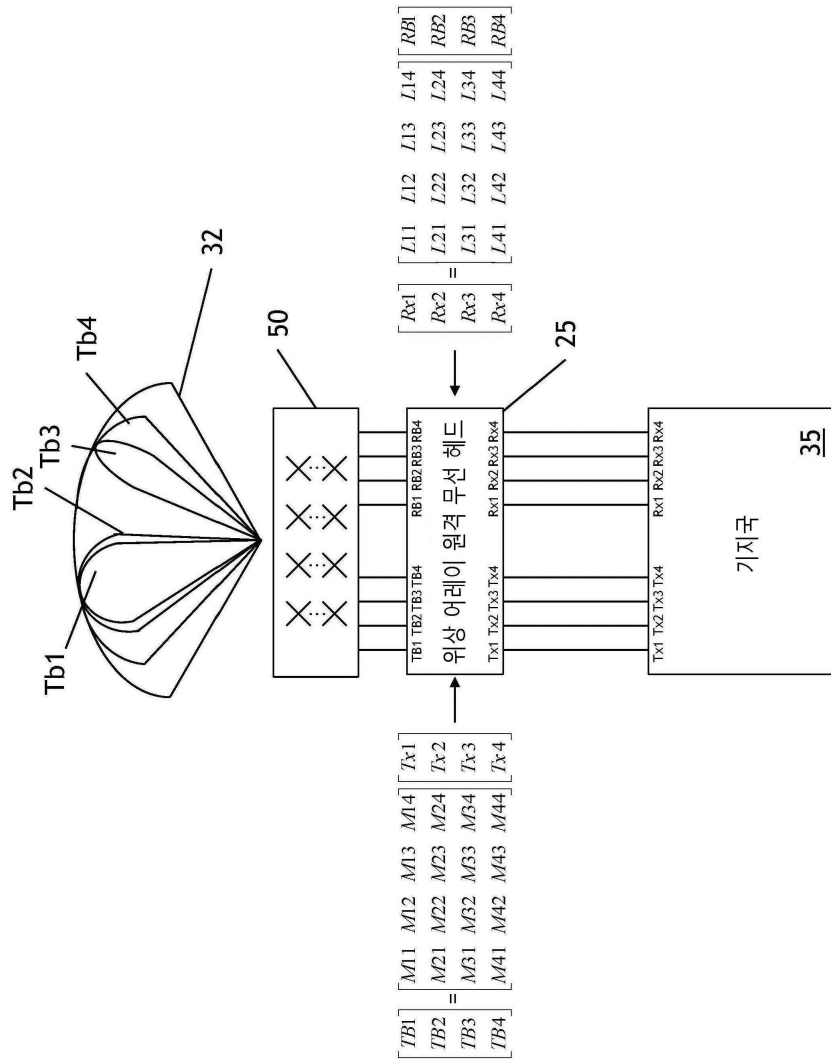
도면3



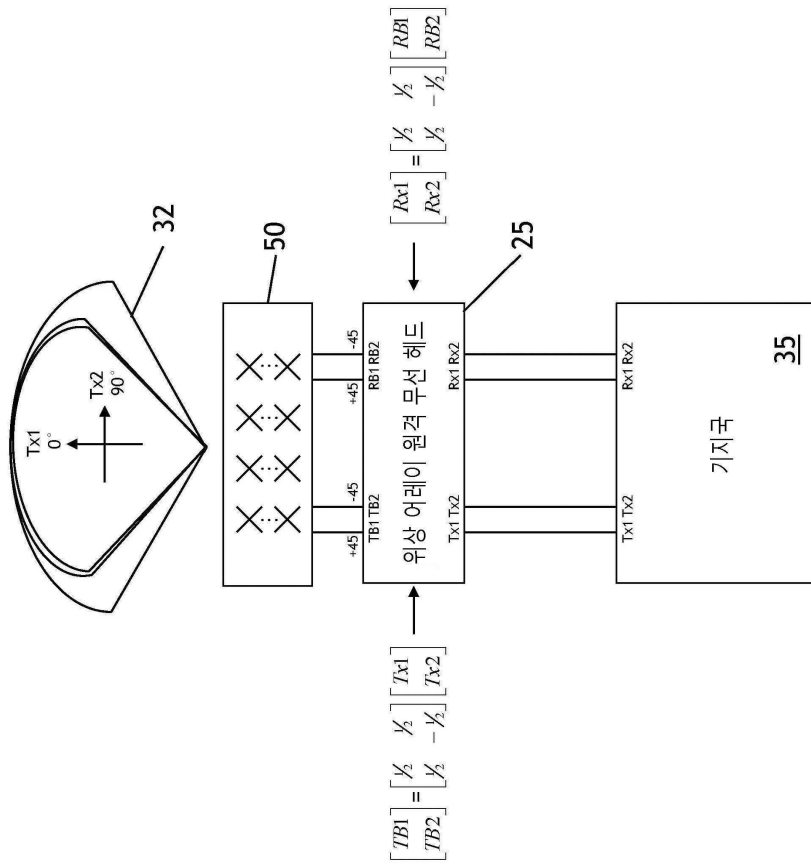
도면4



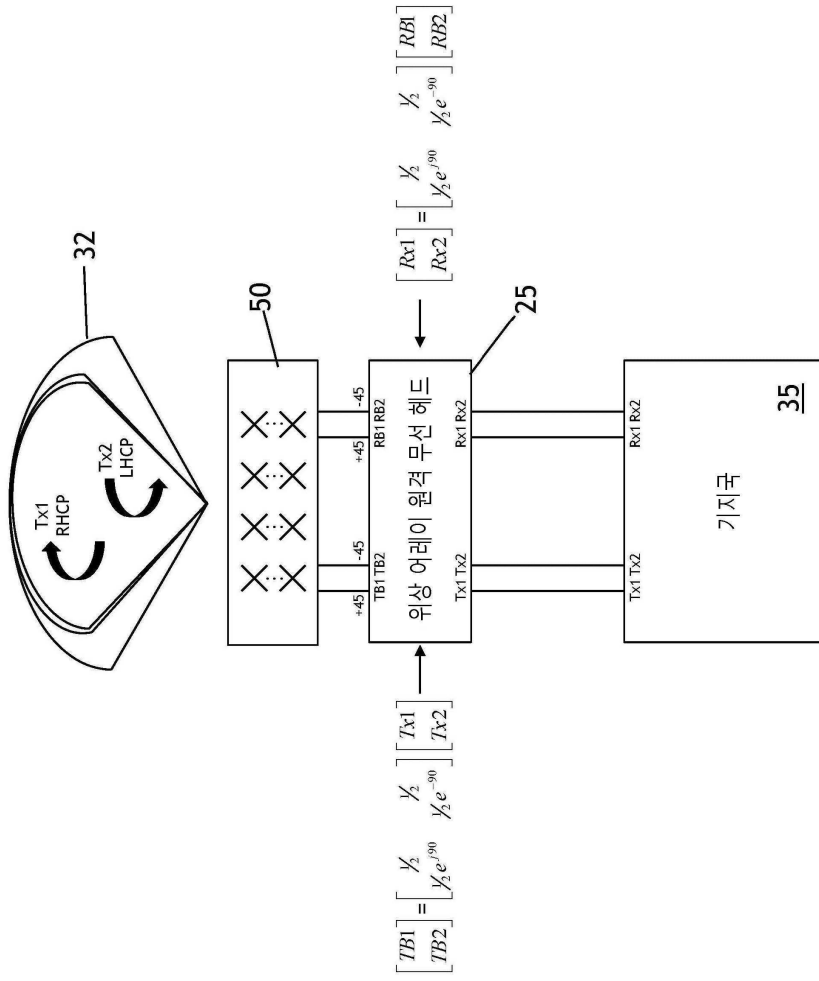
도면5



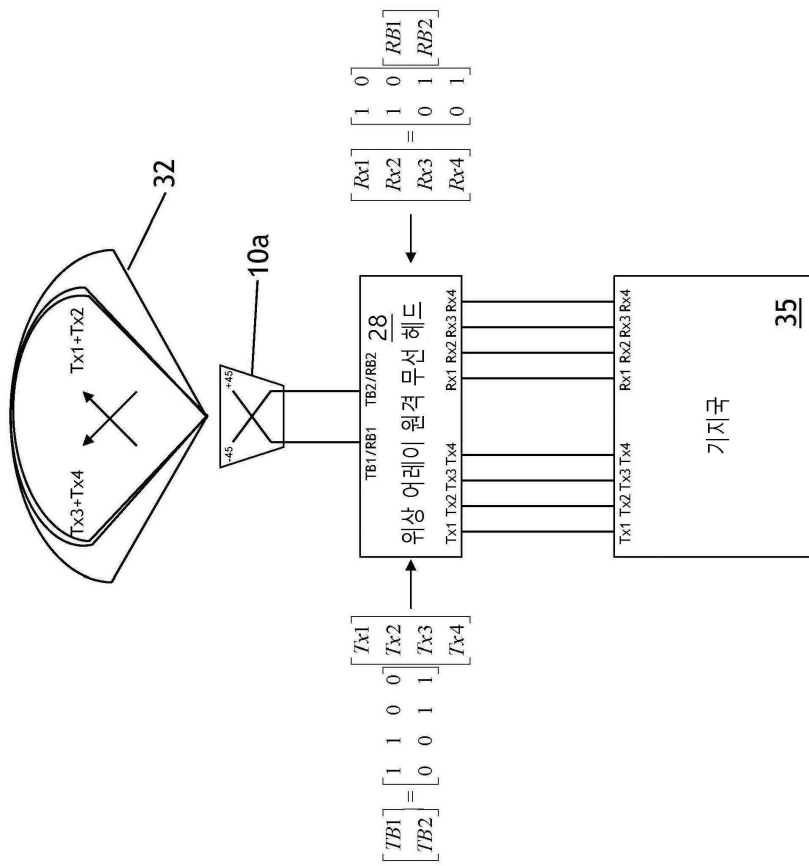
도면6



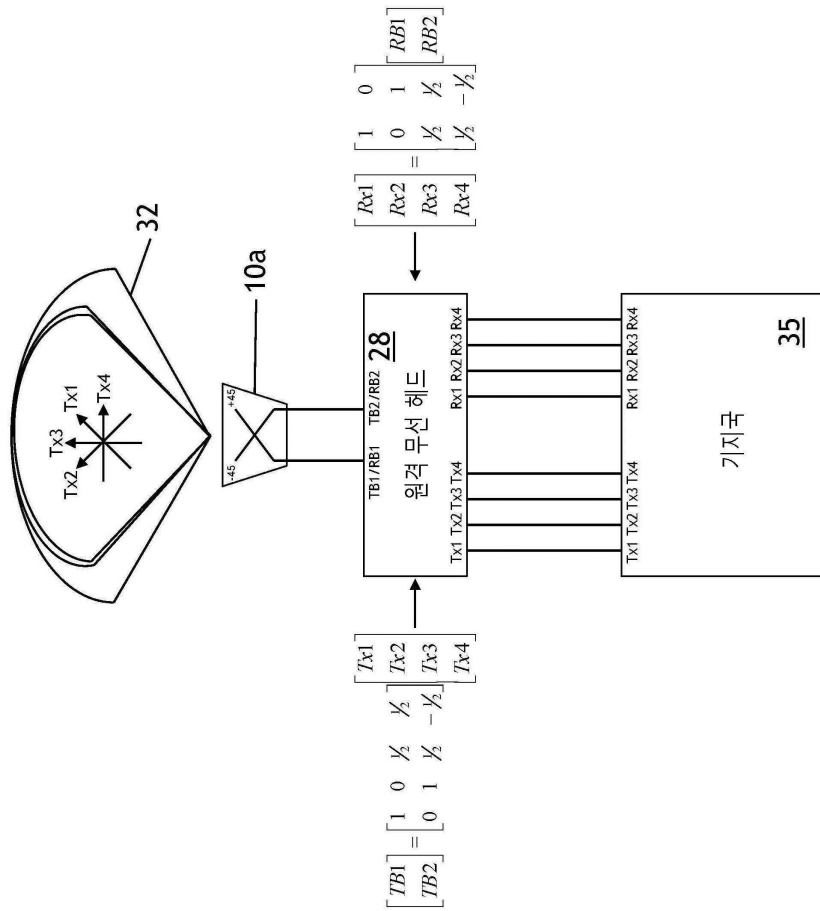
도면7



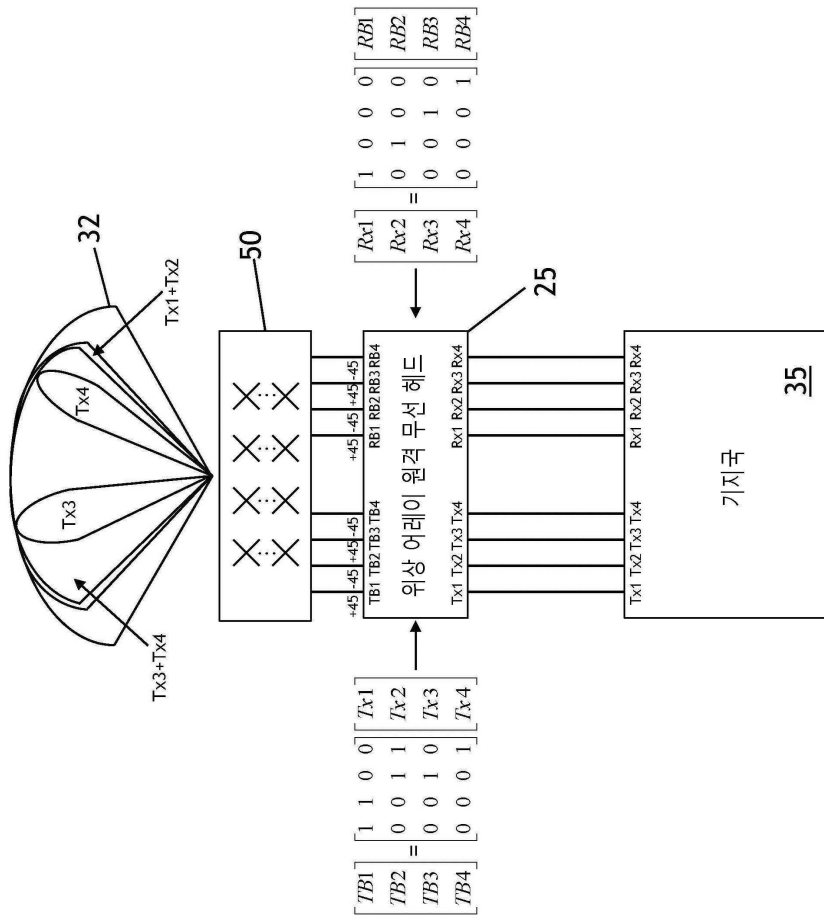
도면8



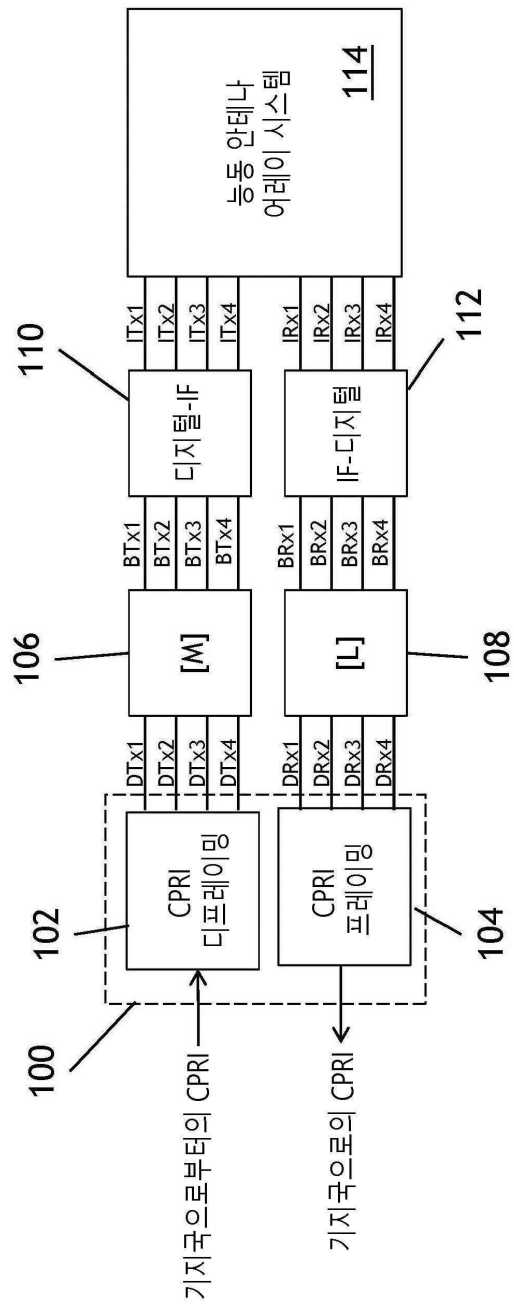
도면9



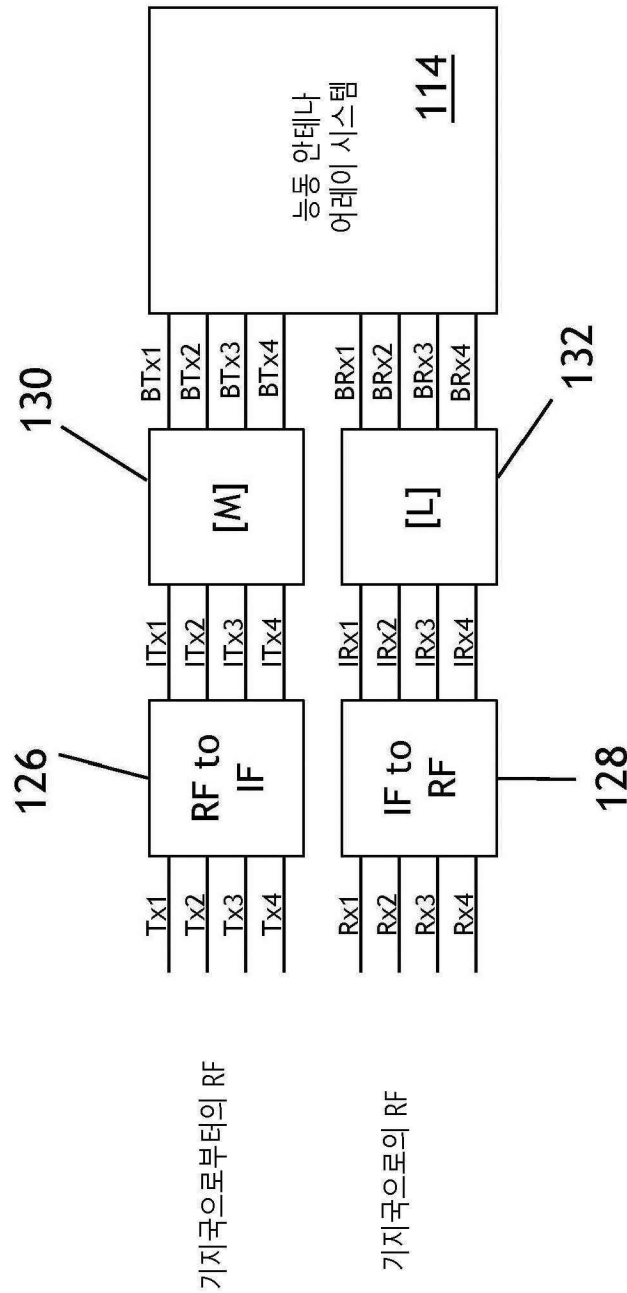
도면10



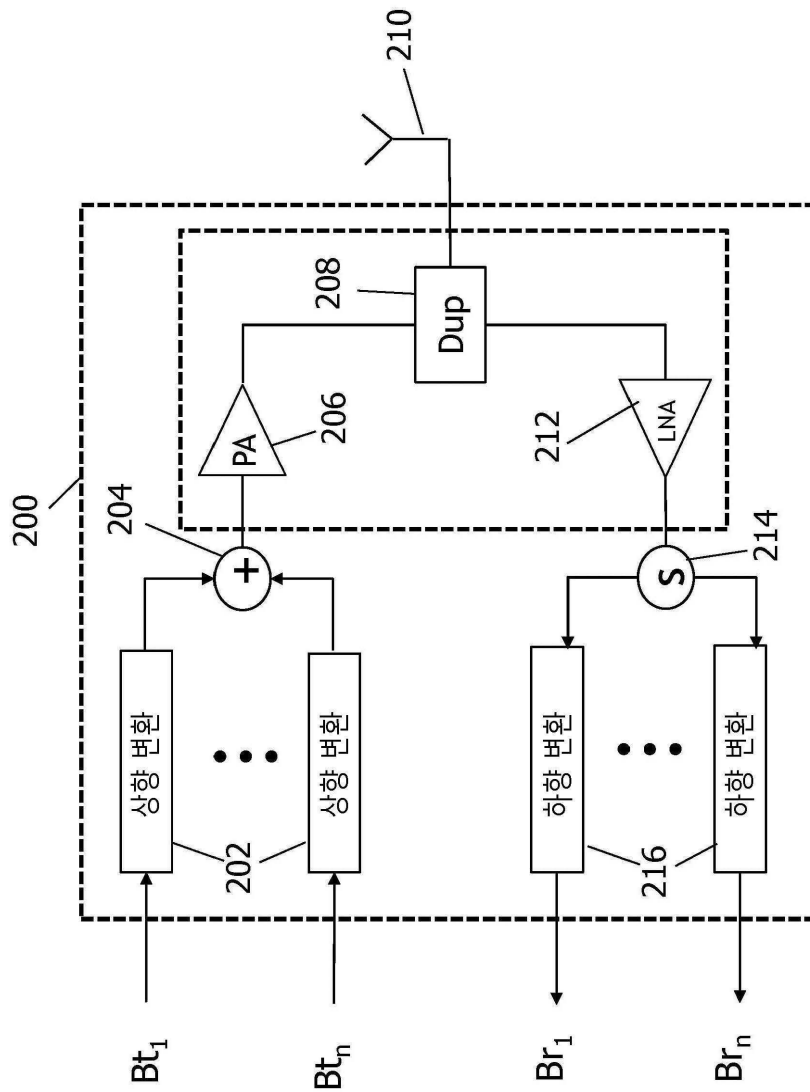
도면11



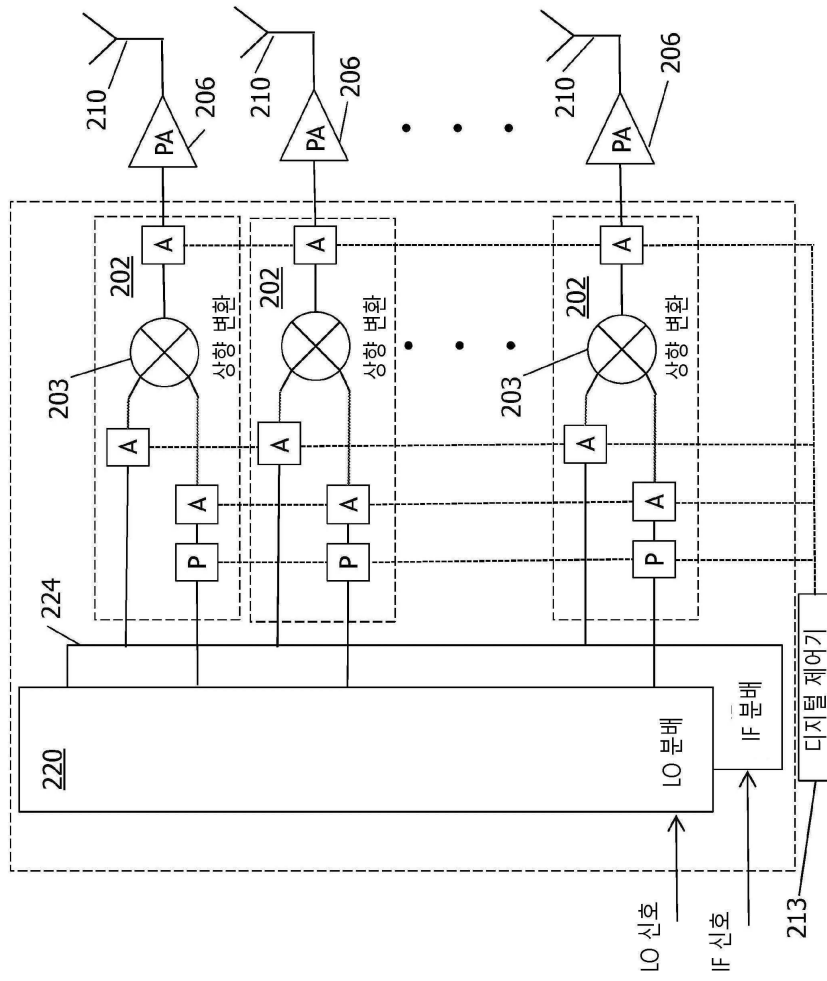
도면12



도면13



도면14



도면15

